



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### **Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### **About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

## Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

## Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

12952  
UC-NRLF  
\$B 190 465  
Lees Museum.

# Alexander von Humboldt.

Sein wissenschaftliches Leben und Wirken

den Fremden der Naturwissenschaften dargestellt

von

W. G. Wittwer.

Mit Bildniß und Facsimile.

Erste Lieferung.



Leipzig,  
I. D. Weigel.  
1860.





LIBRARY  
OF  
UNIVERSITY  
CALIFORNIA

PRESENTED BY  
JAMES A. KOFOID AND  
BERNARD W. KOFOID





THE LIBRARY  
OF  
THE UNIVERSITY  
OF CALIFORNIA

PRESENTED BY  
PROF. CHARLES A. KOFOID AND  
MRS. PRUDENCE W. KOFOID

Alexander von Humboldt







Alexander von Humboldt.

J. W. v. A. Wögel in Leipzig

# Alexander von Humboldt.

## Sein wissenschaftliches Leben und Wirken

den Freunden der Naturwissenschaften dargestellt

von

W. G. Wittwer.

4

Mit Bildniß und Facsimile.

---

Leipzig,

L. D. Weigel.

1860.

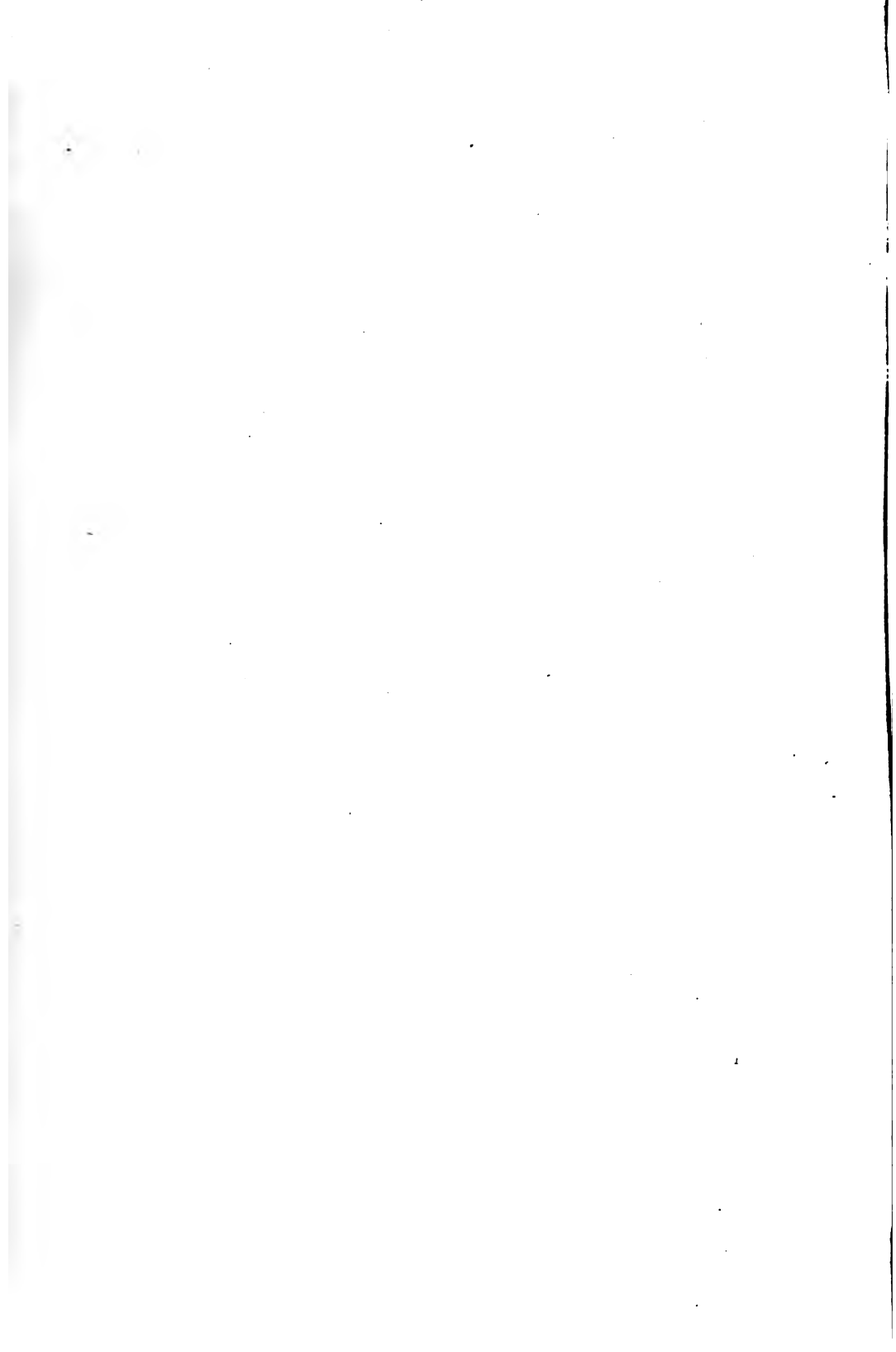


Das Recht der Uebersetzung in die englische und französische Sprache ist  
Seitens der Verlagsbandlung vorbehalten.

Wenn der Mensch mit ungestümlischem Emsigkeit, in irgendlicher Vermessenen Hoffnung, dem Sinn der Natur zu errathen, Gottes erhabenes Reich forschend und abzurechnen durch wendet; so fällt er sich an, ungeeignet in jeglicher Weise zu einem geistigen Gange höherer Art: sei es Dags er aufrecht dem Blick zu den ewigen Sphären der Himmelhöhen, oder oft in ihr niedersinkt auf das stille Trüben der Qualen in den Tiefen organischen Abgründe. Diese Erdkrüge, eben weil sie so mächtig sind, wirken vereinigt. Wird nun nach einem langen und unüberlegtem Leben durch Mürren und Abnahme physischer Kräfte Ruhe aboten; so verwehrt und beweist der Schicksal des Engesammelten die Trauer anderer Art der selbstig vom einen Punkte, wie ihre mühevollen Vergleichung mit dem nur frühere Forscher in ihren Jahren oft niedergelegt haben. Es bemächtigt sich der Geist der Stoffe und streibt die angehängte Kraft empirischen Erfahrung, wie ein wenigstens Teilweise, ein Kern unfernungstag's zu untermaßen. Das nächste Ziel ist dann, in dem Naturgange das Gesetzliche aufzufinden. Von dem wissenschaftlichen Bemühen nach dem Vorziehen der Natur schwinden allmählig, doch meist erst spät, die langgespaltten Räume symbolisierender Mythen.

Bohm, im Nov. 1856

Alexander v. Humboldt.



Q143  
H9W5  
v. 1

## Vorrede.

Unter den vielen Männern, die seit der grauen Vorzeit sich die Erforschung der Naturerscheinungen zur Lebensaufgabe machten, hat, man darf dieses wohl sagen, keiner eine solche Anerkennung erfahren, als Alexander von Humboldt. Sein Name wird auf der alten Welt wie auf dem neuen Continente, auf der nördlichen Halbkugel wie auf der südlichen, soweit die Leuchte der Wissenschaft das Leben des Menschen erhellt, nur mit Verehrung ausgesprochen.

Der geistige Erfolg, den ein Gelehrter durch seine Thätigkeit erringt, ist je nach dem Gegenstande seines Strebens nicht immer von derselben Art; es ergibt sich ein Unterschied, je nachdem man den Eindruck untersucht, den seine Arbeiten bei dem sogenannten größeren Publicum, den Gebildeten aller Stände, oder bei den eigentlichen Fachgelehrten hervorbringen. Beide Arten von Anerkennung schließen sich zwar nicht aus, halten aber doch nicht immer gleichen Schritt. Man kann die Werke der Naturforscher in gewissem Sinne mit den Bildern einer Gemäldeausstellung vergleichen, und wie es in dieser einzelne Kunstwerke gibt, welche, sei es wegen ihrer Anlage oder um des behandelten Gegenstandes willen, alsbald den Blick der besuchenden Laien auf sich ziehen, sind es wieder andere, welche nach ihrem vollen Werthe zu schätzen, nur dem praktischen Künstler gelingt. So finden sich auch unter den Arbeiten der Naturforscher solche, die dem Laien zunächst auffallen, während andere nur dem Gelehrten von Fach von Wichtigkeit sind. Von letzterer Art sind vorzugsweise jene Schriften, die nicht ein ganzes Fach in seinen Grundzügen behandeln, sondern irgend einen ganz speciellen Gegenstand besprechen, der nur dem ein Interesse gewährt, welcher den Zusammenhang des bearbeiteten Objectes mit dem großen Ganzen kennt.

Alexander von Humboldt war einer jener merkwürdigen Männer, denen es gegeben ist, durch ihre Werke Laien und Fachmänner in Erstaunen zu setzen, und dieser Eigenschaft, die er in so hohem Grade besaß, hat er vorzugsweise seinen Ruhm zu danken. Hierzu kommt noch, daß der große Mann die verschiedensten Fächer der Naturwissenschaften kannte, während andere Forscher, wenn auch in dem einen Zweige Meister, in allen übrigen nur wenig bewandert sind.

Wir sind bereits in dem Besitze der Biographien vieler großer Krieger, Staatsmänner u. s. w., doch hat die Schilderung des Lebens und Wirkens eines Mannes der Wissenschaft wohl eben so viel Berechtigung als die eines andern großen Mannes, und es möge mir daher verziehen werden, wenn ich unternommen habe, die Forschungen Alexander von Humboldt's darzustellen.

Eine Lebensbeschreibung Humboldt's kann, soll sogar, wenn sie Anspruch auf Vollständigkeit machen will, außer auf seine wissenschaftliche Thätigkeit auch auf seine persönlichen Verhältnisse, auf seine Stellung zum preussischen Hofe, zu den verschiedenen Staatsmännern u. s. w. ausgebehnt werden. Soll dieses geschehen, so ist es unbedingt nothwendig, daß der Verfasser selbst mit dem Verstorbenen in sehr vertrauten Beziehungen gestanden sei, was bei mir nicht der Fall war, und noch dazu würde eine derartige, genaue Bearbeitung, da sie nothwendigerweise mit Veröffentlichung von Humboldt'schen Briefen verknüpft wäre, gegen die der große Gelehrte sich so entschieden verwahrt hat, zu gleicher Zeit ein Act der Impietät sein. Was unter Umgehung dieser Klippe geschehen konnte, findet sich bereits in den Werken Klette's, Ewald's u. s. w.

Wer in meinem Buche eine in dem vorstehenden Sinne abgefaßte Biographie Humboldt's suchen sollte, möge dasselbe ganz ruhig aus der Hand legen, da er darin nichts von dem finden wird, was er zu wissen wünscht. Ich werde mich einzig und allein an das halten, was Humboldt selbst zu Ruhm und Frommen der Wissenschaft zu veröffentlichen für gut gefunden hat.

Hält man sich, wie es im Nachstehenden geschehen soll, nur an das, was als gegeben in den Büchern zu finden ist, so gewinnt bei der Biographie des Mannes irgend einer Wissenschaft der jeweilige Zustand der letzteren die Rolle der Zeitumstände in den Biographien anderer großer Männer und die einzelnen Arbeiten werden zu historischen Begebenheiten.

Hat man es mit dem Manne eines einzigen Faches zu thun, so muß der jeweilige Zustand des letzteren für die verschiedenen Lebensabschnitte des Helden der Geschichte festgestellt werden und die ganze Biographie läßt sich



in einem ziemlich ununterbrochen fortlaufenden Faden fortführen. Schwieriger wird die Arbeit, wenn man mit mehreren bis zu einem gewissen Grade von einander unabhängigen Fächern zu thun hat. In diesem Falle muß ähnlich wie bei den Lehrbüchern der Weltgeschichte üblich ist, daß man die Ereignisse der einzelnen Völker stückweise gesondert betrachtet, hier die Geschichte der einzelnen Zweige für sich behandelt werden. Der eben geschilderte Fall ist der unsrige, und ich sehe mich daher genöthigt, die Besprechungen von Humboldt's Wirken in den einzelnen Abschnitten seines Lebens in zwei Theile zu sondern, wovon der erstere die Thätigkeit des berühmten Gelehrten im Allgemeinen, sowie seine Expeditionen umfassen soll, während der andere sich mit seinen Leistungen in den einzelnen Wissenschaftszweigen beschäftigt und seine Stellung zu denselben in gesonderten Kapiteln darstellen soll.

Eine andere, etwa chronologische Anordnung würde zu lästigen Wiederholungen führen; meine Eintheilung trennt mitunter nahe verwandte Gegenstände, macht überhaupt den Zusammenhang etwas zu locker. Um diese Mängel möglichst zu vermeiden, werde ich mir bisweilen kleine Abweichungen von der Theilung erlauben, denn ich habe mir nicht vorgenommen, über Humboldt's Werke ein Schema zu entwerfen, und werde am Schlusse durch einen allgemeinen Ueberblick die nöthige Verbindung herzustellen suchen.

Ich glaube übrigens kaum bemerken zu müssen, daß die Geschichte fast jedes der in den nachfolgenden Kapiteln dargestellten Gegenstände allein ein Buch ausfüllen würde, und daß Humboldt's Werke für sich eine kleine Bibliothek ausmachen; es ist mir daher unmöglich gewesen, sehr weit in's Detail einzugehen.

Zum Schluß möge mir noch gestattet sein, auf einen Punkt aufmerksam zu machen.

Humboldt hat außer vor einer Veröffentlichung seiner Briefe auch vor Wiederholung seiner Jugendarbeiten sich verwahrt. Es war mir nicht möglich, diese Schriften ganz zu umgehen; doch dürfte es wohl dem strengsten Kritiker schwer werden, mich einer Indiscretion zu beschuldigen. Was Humboldt vermieden zu wissen wünschte, war, wie man aus der Vorrede zu seinen kleineren Schriften leicht erkennen kann, eine wiederholte Herausgabe seiner Arbeiten, etwa so, wie man sie in den Gesammelten Werken verschiedener Schriftsteller findet, und er wünschte dieses darum nicht, weil sich seit dem Erscheinen der ersten Arbeiten der ganze Zustand der Naturwissenschaften geändert hat. Unmöglich kann Humboldt darunter verstanden haben, daß in einer etwaigen Darstellung der Ansichten jener Zeiten der seinigen gar nicht gedacht werde. Nur wenn seine Arbeiten gänzlich verfehlt gewesen

Alexander von Humboldt war einer jener merkwürdigen Männer, denen es gegeben ist, durch ihre Werke Laien und Fachmänner in Erstaunen zu setzen, und dieser Eigenschaft, die er in so hohem Grade besaß, hat er vorzugsweise seinen Ruhm zu danken. Hierzu kommt noch, daß der große Mann die verschiedensten Fächer der Naturwissenschaften kannte, während andere Forscher, wenn auch in dem einen Zweige Meister, in allen übrigen nur wenig bewandert sind.

Wir sind bereits in dem Besitze der Biographien vieler großer Krieger, Staatsmänner u. s. w., doch hat die Schilderung des Lebens und Wirkens eines Mannes der Wissenschaft wohl eben so viel Berechtigung als die eines andern großen Mannes, und es möge mir daher verziehen werden, wenn ich unternommen habe, die Forschungen Alexander von Humboldt's darzustellen.

Eine Lebensbeschreibung Humboldt's kann, soll sogar, wenn sie Anspruch auf Vollständigkeit machen will, außer auf seine wissenschaftliche Thätigkeit auch auf seine persönlichen Verhältnisse, auf seine Stellung zum preussischen Hofe, zu den verschiedenen Staatsmännern u. s. w. ausgedehnt werden. Soll dieses geschehen, so ist es unbedingt nothwendig, daß der Verfasser selbst mit dem Verstorbenen in sehr vertrauten Beziehungen gestanden sei, was bei mir nicht der Fall war, und noch dazu würde eine derartige, genaue Bearbeitung, da sie nothwendigerweise mit Veröffentlichung von Humboldt'schen Briefen verknüpft wäre, gegen die der große Gelehrte sich so entschieden verwahrt hat, zu gleicher Zeit ein Act der Impietät sein. Was unter Umgehung dieser Klippe geschehen konnte, findet sich bereits in den Werken Letke's, Ewald's u. s. w.

Wer in meinem Buche eine in dem vorstehenden Sinne abgefaßte Biographie Humboldt's suchen sollte, möge dasselbe ganz ruhig aus der Hand legen, da er darin nichts von dem finden wird, was er zu wissen wünscht. Ich werde mich einzig und allein an das halten, was Humboldt selbst zu Nutz und Frommen der Wissenschaft zu veröffentlichen für gut gefunden hat.

Hält man sich, wie es im Nachstehenden geschehen soll, nur an das, was als gegeben in den Büchern zu finden ist, so gewinnt bei der Biographie des Mannes irgend einer Wissenschaft der jeweilige Zustand der letzteren die Rolle der Zeitumstände in den Biographien anderer großer Männer und die einzelnen Arbeiten werden zu historischen Begebenheiten.

Hat man es mit dem Manne eines einzigen Faches zu thun, so muß der jeweilige Zustand des letzteren für die verschiedenen Lebensabschnitte des Helden der Geschichte festgestellt werden und die ganze Biographie läßt sich

in einem ziemlich ununterbrochen fortlaufenden Faden fortführen. Schwieriger wird die Arbeit, wenn man mit mehreren bis zu einem gewissen Grade von einander unabhängigen Fächern zu thun hat. In diesem Falle muß ähnlich wie bei den Lehrbüchern der Weltgeschichte üblich ist, daß man die Ereignisse der einzelnen Völker stückweise gesondert betrachtet, hier die Geschichte der einzelnen Zweige für sich behandelt werden. Der eben geschilderte Fall ist der unsrige, und ich sehe mich daher genöthigt, die Besprechungen von Humboldt's Wirken in den einzelnen Abschnitten seines Lebens in zwei Theile zu sondern, wovon der erstere die Thätigkeit des berühmten Gelehrten im Allgemeinen, sowie seine Expeditionen umfassen soll, während der andere sich mit seinen Leistungen in den einzelnen Wissenschaftszweigen beschäftigen und seine Stellung zu denselben in gesonderten Kapiteln darstellen soll.

Eine andere, etwa chronologische Anordnung würde zu lästigen Wiederholungen führen; meine Eintheilung trennt mitunter nahe verwandte Gegenstände, macht überhaupt den Zusammenhang etwas zu locker. Um diese Mängel möglichst zu vermeiden, werde ich mir bisweilen kleine Abweichungen von der Theilung erlauben, denn ich habe mir nicht vorgenommen, über Humboldt's Werke ein Schema zu entwerfen, und werde am Schlusse durch einen allgemeinen Ueberblick die nöthige Verbindung herzustellen suchen.

Ich glaube übrigens kaum bemerken zu müssen, daß die Geschichte fast jedes der in den nachfolgenden Kapiteln dargestellten Gegenstände allein ein Buch ausfüllen würde, und daß Humboldt's Werke für sich eine kleine Bibliothek ausmachen; es ist mir daher unmöglich gewesen, sehr weit in's Detail einzugehen.

Zum Schluß möge mir noch gestattet sein, auf einen Punkt aufmerksam zu machen.

Humboldt hat außer vor einer Veröffentlichung seiner Briefe auch vor Wiederholung seiner Jugendarbeiten sich verwahrt. Es war mir nicht möglich, diese Schriften ganz zu umgehen; doch dürfte es wohl dem strengsten Kritiker schwer werden, mich einer Indiscretion zu beschuldigen. Was Humboldt vermieden zu wissen wünschte, war, wie man aus der Vorrede zu seinen kleineren Schriften leicht erkennen kann, eine wiederholte Herausgabe seiner Arbeiten, etwa so, wie man sie in den Gesammelten Werken verschiedener Schriftsteller findet, und er wünschte dieses darum nicht, weil sich seit dem Erscheinen der ersten Arbeiten der ganze Zustand der Naturwissenschaften geändert hat. Unmöglich kann Humboldt darunter verstanden haben, daß in einer etwaigen Darstellung der Ansichten jener Zeiten der seinigen gar nicht gedacht werde. Nur wenn seine Arbeiten gänzlich verfehlt gewesen

wären, hätte er wünschen können, daß man den Schleier des Vergessens darüber breite, allein, wie die allgemeine Anerkennung, die ihm schon frühe zu Theil wurde, zeigt, war dieses nicht der Fall. Allerdings würde ein Abdruck jener Arbeiten unter den jetzigen Umständen wenig Nutzen bieten: allein mein Buch ist auch kein Abdruck, ich werde zwar, wo ich es nothwendig finde, Stellen aus Humboldt's Werken citiren — und wo findet man das nicht?

Es würde wohl schwer halten, bei einer nur etwas detaillirten Schilderung der Geschichte der einzelnen Gegenstände sich bei den Ansichten und Arbeiten Humboldt's aus jener Zeit weniger aufzuhalten, als ich gethan habe, da ich mich nur auf das Nothwendigste beschränkte und lieber zu wenig als zu viel anführte. Verhältnißmäßig am meisten findet sich in dem Kapitel Lebenskraft von dem Rhodischen Genius wiedergegeben; allein daß Humboldt diesen Aufsatz noch später anerkannte, beweist der Umstand, daß er ihn noch im Jahre 1849 in den Ansichten der Natur abdrucken ließ.

München, den 1. Mai 1860.

**B. C. Wittwer.**

## Einleitung.

---

Wie es in der Geschichte der Menschheit Ereignisse von solcher Bedeutung gibt, daß wir die darauf folgenden Begebenheiten zum großen Theile als deren Folge betrachten können, und sich daraus eine natürliche Eintheilung der Gesamtgeschichte ergibt, nach der wir eine größere oder kleinere Anzahl von Epochen erhalten, so finden wir dieses im Kleinen wiederholt in dem Leben des einzelnen Menschen.

In der wissenschaftlichen Thätigkeit Alexanders von Humboldt lassen sich drei verschiedene Abschnitte bestimmen.

Der erste Abschnitt beginnt mit der im Jahre 1790 erfolgten Eröffnung der literarischen Thätigkeit des großen Gelehrten. Von dieser Zeit an war er zuerst als Studirender in Freiberg, dann in rascher Aufeinanderfolge als Assessor bei dem Bergwerks- und Hüttendepartement in Berlin, hierauf als Oberbergmeister in Bayreuth (doch scheint er sich viel in Steben aufgehalten zu haben). Letztere Stelle bekleidete er nur bis 1795, in welchem Jahre er den Staatsdienst verließ, um sich einzig und allein seinem Lieblingsfache, dem Studium der Natur, widmen zu können. Die Jahre von 1795 — 1799 verbrachte er an verschiedenen Orten Deutschlands, das er nur verließ, um kleinere Reisen nach Frankreich und England zu machen.

Schon seit längerer Zeit hatte er beschloffen, eine größere Entdeckungsreise in noch undurchforschte Länder zu machen und hatte dabei bald diesen, bald jenen Theil der Erde in's Auge gefaßt; doch die unruhigen Zeiten, in welche seine Jugend fiel, zertrümmerten jedesmal den Reiseplan. Endlich erhielt er von dem Könige von Spanien die Erlaubniß, die damals noch der spanischen Krone unterworfenen Länder Süd- und Mittelamerika's bereisen zu dürfen. Von dieser Expedition kehrte er 1804 zurück.

Die Reise Humboldt's nach Amerika war nicht nur für dessen späteres Wirken, sondern für die gesammte Wissenschaft von so großer Bedeutung, daß wir sie süglich als den Beginn eines zweiten Abschnittes im Leben unsers Gelehrten betrachten können. Zu diesem zweiten Abschnitte rechnen wir auch die Zeit von 1804—1827, während welcher sich Humboldt vorzugsweise in Paris aufhielt, theils um die Welt mit den Früchten seiner Reise bekannt zu machen, theils um durch Wiederholung früherer Arbeiten oder durch Unternehmungen von neuen die Wissenschaft zu fördern.

Den dritten Abschnitt beginnen wir mit der im Jahre 1827 erfolgten Uebersiedelung v. Humboldt's nach Berlin; wir können dieses um so mehr thun, als wie in den Beginn des zweiten Abschnittes eine Weltreise fällt, so auch von der ersten Zeit des dritten eine abermalige große Tour, die nach Sibirien, zu berichten ist. Zurückgekehrt aus Asien lebte der berühmte Naturforscher größtentheils zu Berlin, beschäftigt mit Veröffentlichung der Resultate seiner zweiten großen Reise, und als einer der größten Geister anerkannt, erregend und in allen Fächern der Naturwissenschaft aufauernd. Seine letzte größere Arbeit war der Kosmos.

Der erste dieser drei Abschnitte reicht bis zum 30. Lebensjahre Humboldt's, der zweite bis nahe zum 60., der dritte zum nicht ganz vollendeten 90., und die Epochen lassen sich daher auch als die Zeit des Jünglings, des Mannes und der vorgerückten Jahre bezeichnen. Ich nehme Anstand, die letzte Periode die des Greisenalters zu nennen, da mit letzterem Namen gewöhnlich Begriffe von körperlicher und geistiger Hinfälligkeit verbunden sind, und ein Abnehmen der Geisteskräfte bei Humboldt sicherlich nicht eintrat.

Die Thätigkeit des großen Gelehrten, die jedem der drei Abschnitte entspricht, läßt eine zweifache Darstellung zu, je nachdem wir uns darauf beschränken, die Resultate derselben im Allgemeinen anzugeben, oder näher ins Detail eingehend untersuchen, in welcher Weise er in den einzelnen Gegenständen in den Gang der Wissenschaft eingriff.

Es soll daher im Nachstehenden auf eine allgemeine Uebersicht der Thätigkeit Humboldt's eine Besprechung der einzelnen Disciplinen folgen.

## Erster Abschnitt.

### Humboldt als Jüngling.

1790 — 1799.

#### A. Seine Thätigkeit im Allgemeinen.

Unter der Gesamtheit der Richtungen, nach denen der Forschungstrieb des Menscheingeistes sich bewegt, spielt wohl die Untersuchung der Erscheinungen des uns umgebenden Alls, von dessen Dasein uns die Sinne Kunde bringen, die man allgemein mit dem Namen der Naturwissenschaften bezeichnet, eine hervorragende Rolle, und Gegenstände aus denselben sind es ausschließlich, welche Alexander v. Humboldt in den von ihm während des ersten Abschnittes seiner wissenschaftlichen Thätigkeit veröffentlichten Schriften bearbeitete.

Da die Naturwissenschaften auf die sinnliche Wahrnehmung gegründet sind; und es nicht möglich ist, daß eines Menschen Auge Alles beobachten kann, so hat eine lange Zeit dazu gehört, um dieselben auf den Standpunkt zu heben, auf dem wir sie jetzt sehen; aber die Stelle des Vorgängers nahm der Nachfolger ein, und indem er seine Erfahrungen denen des Lehrers hinzufügte, hat sich das ganze ursprünglich kleine Gebiet mehr und mehr ausgedehnt.

In den ersten Zeiten war es keine Seltenheit, daß ein Gelehrter nicht nur den ganzen von den Naturwissenschaften gebotenen Stoff beherrschen konnte, sondern auch Zeit fand, seine Aufmerksamkeit noch anderen Zweigen des menschlichen Wissens zu widmen; allein als der Reichthum an Thatfachen mehr und mehr zunahm, ergab sich die Nothwendigkeit, die Gesamtnaturlehre in eine Reihe von gesonderten Gebieten zu zerfallen, und da das Material fort und fort im Wachsen begriffen ist, muß auch wie der Stamm in Aeste, der Aft in Zweige sich theilt, die Parzellirung der Naturwissenschaften fortwährend wachsen.

Diese Eintheilung ist zwar in der Natur selbst durchaus nicht begründet, und der Umstand, daß kein Gebiet von dem andern streng getrennt ist und alle so in einander übergehen, daß es gar nicht möglich ist, sich mit einem einzigen Fache ausschließlich zu beschäftigen, ohne von den andern Notiz zu nehmen, erinnert nur zu häufig an das Widernatürliche und Gezwungene der Trennung, diese findet aber ihre Rechtfertigung in der Unzulänglichkeit des menschlichen Lebens und Geistes. Ein unausbleiblicher Nachtheil der Specialisirung ist der, daß über den Untersuchungen des Antheils nur zu leicht der Ueberblick über die Gesamtheit verloren geht, voraus sich die Nothwendigkeit ergibt, daß ein genialer Mann die Bruchstücke von Zeit zu Zeit zusammenfügt, und als solchen haben wir Alexander v. Humboldt zu bewundern.

Zwar hat es zu keiner Zeit an Versuchen gefehlt, die Gesamtheit der Naturerscheinungen von einem einzigen Standpunkte aus darzustellen, und wir sind dadurch in den Besitz einer erklecklichen Anzahl von naturphilosophischen Systemen u. s. w. gesetzt, welche alle dem vorstehenden Zwecke genügen sollen. Aufmerksame Betrachtung jedoch zeigt, daß alle diese aus der Vogelperspective aufgenommenen Naturdarstellungen von der Wirklichkeit weit abweichen, da die persönlichen Anschauungen der Verfasser in der Regel weit entfernt sind, durch die wirklich aufgefundenen Thatfachen unterstützt zu werden, denn es ist viel leichter, eine ideale Welt aufzubauen, unbekümmert darum, ob sie mit der wirklichen zusammenstimme, als das Gebäude mit Rücksicht auf die Erfahrung herzustellen. Was an derartigen Versuchen in der Regel fehlt, ist der Mangel an der Erfahrung selbst, und erst wenn diese sich mit der Fähigkeit, das Ganze mit geistigem Auge zu überblicken und sich nicht in's Detail zu verlieren, in einem Manne verbindet, können wir erwarten, einen soliden Bau erstehen zu sehen.

Solche Männer sind keine alltägliche Erscheinung, denn es gehört ein Zusammenwirken verschiedener günstiger Umstände dazu, um einen Menschen auf diese hohe Stufe zu erheben. Unter diesen Umständen ist nicht der geringste das Erreichen eines hohen Lebensalters, und in der That sehen wir auch bei Humboldt, daß er erst in seinen späteren Jahren zu der Universalität gelangte. Nichts desto weniger zeigen schon seine aus den ersten Jahren datirenden wissenschaftlichen Arbeiten, was von ihm zu erwarten sei, und wir finden darum bei ihm eine Zahl von Gegenständen bearbeitet, wie es nicht leicht bei einem Manne von seinen Jahren wahrgenommen wird.

Der Eifer, mit dem man sich dem Studium der einzelnen Gegenstände der verschiedenen Naturwissenschaftszweige widmet, ist nicht immer derselbe,



so daß man bei manchen sagen möchte, sie seien einer Art Mode unterworfen worden, wenigstens kommt es sehr häufig vor, daß ein einzelner Gegenstand für einige Zeit das Interesse einer große Zahl von Fachmännern in einer Weise auf sich zieht, daß die übrigen Punkte gegen ihn fast als vernachlässigt erscheinen, um dann einem andern bevorzugten Stoffe Platz zu machen. Im gewöhnlichen Falle geht die Beobachtung einer bisher unbekanntem Erscheinung oder eines bisher ungeahnten Zusammenhanges bekannter Thatsachen, eine Entdeckung voraus. Wird der Versuch, welcher das Eintreten der Erscheinung bedingt, unter verschiedenen Modificationen wiederholt, so ändert sich im Allgemeinen auch das Resultat, und je größer die Anzahl der Erscheinungen ist, die man aus dem Fundamentalversuche durch Abänderung der Voraussetzungen ableiten kann, oder die durch ihn in ihrem Zusammenhange erkannt werden, als um so wichtiger gilt die Entdeckung, um so mehr wendet sich ihr die allgemeine Aufmerksamkeit zu, denn wenn auch nicht alle künstlich hervorgerufenen Modificationen des Versuchs in der Natur vorkommen, so läßt sich doch schließen, daß einer großen Mannichfaltigkeit der erstern Erscheinungen eine größere Anzahl natürlicher entsprechen. Hat man einmal den Zusammenhang einer Reihe von Thatsachen erkannt, so folgt alsbald der Versuch, einen Ausgangspunkt zu suchen, von dem aus alle zusammengehörenden Erscheinungen abgeleitet d. i. erklärt werden können, eine Theorie aufzustellen.

Bei bedeutenderen Thatsachen ist es, wenn auch nicht immer, so doch fast regelmäßig der Fall, daß die aufgestellte Theorie sich der allseitigen Beistimmung wenigstens nicht auf die Dauer erfreut. Sehr häufig folgt einer fast allgemeinen Anerkennung eine ebenso heftige Reaction (oder auch auf eine Mißachtung eine übertriebene Anerkennung). Jede herrschende Theorie macht Uebergriffe und darauf folgt, daß sie ihr usurpirtes Gebiet wieder verliert und gestützt auf neue Thatsachen die Gegenpartei wieder Vortheile erringt. Es wird sich im Folgenden öfters Gelegenheit bieten, solche Fälle vorzuführen.

So schwankt die herrschende Ansicht wie ein Pendel öfters hin und her, doch immer weniger entfernt sie sich von einem gewissen Ruhepunkte, an dem angelangt sie eine neue Provinz der Wissenschaft ausmacht und endlich kommt ein neuer Gegenstand, der die allgemeine Aufmerksamkeit fesselt, oder es stellt sich auch mit der Zeit heraus, daß die gemachte Entdeckung den auf sie gegründeten Erörterungen nicht entspricht und sie wird verlassen, um vielleicht später, wenn neue Thatsachen bekannt geworden sind, wieder in Angriff genommen zu werden.

Hieraus ergibt sich, daß die Aufgabe der Naturforscher eine zweifache ist, indem sie theils die durch fortgesetzte Beobachtung zu erlangende Herbeischaffung von Material verlangt, mit dessen Hilfe erst der zweite Theil, die Ergreifung von Gesetzen, d. i. von Normen, mit deren Hilfe sich eine größere Reihe von Erscheinungen, die eine aus der andern, ableiten läßt, in Angriff genommen werden kann. Hiemit ist der theoretischen Wissenschaft Genüge geleistet und es bleibt dem Praktiker überlassen, zu Nutz und Frommen der Menschheit von den Eroberungen der Theorie so viele Anwendungen zu machen, als möglich ist.

Fragen wir nach dem Standpunkte, den Humboldt in der ersten Zeit seiner literarischen Thätigkeit eingenommen, so finden wir, daß diese erste Periode zwar nicht ausschließlich, doch vorzugsweise der Beobachtung gewidmet war: er war zunächst bestrebt, Material herbeizuschaffen, Material, dazu bestimmt, zur Aufklärung der damaligen Streitfragen zu dienen; doch war er, wie z. B. seine Grubenlampe zeigt, auch darauf bedacht, seine Entdeckungen zugleich nutzbar zu machen.

Seine erste selbständige Schrift veröffentlichte Humboldt als zwanzigjähriger Jüngling, jedoch ohne ihr seinen Namen beizufügen. Sie führt den Titel:

Mineralogische Beobachtungen über einige Basalte am Rhein mit vorangeschickten, zerstreuten Bemerkungen über den Basalt der älteren und neueren Schriftsteller. Braunschw. 1790.

Das Werkchen ist die Frucht einer Reise, welche Humboldt mit Georg Forster, dem Begleiter Cook's auf seiner zweiten Weltreise, an den Rhein machte.

Unter den Geologen der damaligen Zeit hatte sich ein bis an's Leidenschaftliche streifender Streit darüber entsponnen, ob die Erde früher eine feuerflüssige Masse gewesen sei und später erstarrte, oder ob sie ehemals ein Durcheinander von fester und flüssiger Substanz war, aus dem sich erst in der Folge die beiden Theile absonderten. Ein vorzügliches Streitobject war der Basalt, denn jede Partei beanspruchte ihn nicht nur für sich, sondern gründete sogar in gewissem Grade ihre Existenz darauf. Da nun Alles darauf ankam, durch Beobachtung des Thatbestandes den Streit zur Entscheidung zu bringen, wurden die Basaltbildungen allenthalben eifrigst untersucht. Schon vor Humboldt hatte de Luc die rheinischen Basalte bereist und war zu dem Schlusse gekommen, daß dieselben vulkanischen Ursprungs seien. Humboldt spricht seine Ansicht nicht direct aus, er hält sich streng an die Beschreibung des von ihm gefundenen Thatbestandes, doch läßt sich leicht

bemerken, daß er de Luc's Ansichten nicht theilte und der Erklärung der Entstehung des Basaltes aus dem Wasser beistimmte. Er hat zwar den Streit durch seine Erstlingsarbeit nicht entschieden, aber seine späteren Schriften waren für die Entwidlung unserer Kenntniß über die Geschichte der Erdbildung von so hoher Bedeutung, daß es wohl seine Entschuldigung finden dürfte, in einem gesonderten Kapitel auf den Basalt und die darüber geführten Streitigkeiten zurückzukommen und Humboldt's Standpunkt näher zu erörtern.

Auf die „Mineralogischen Beobachtungen“ folgten:

*Florae Fribergensis specimen plantas cryptogamicas praesertim subterraneas exhibens. Accedunt Aphorismi ex doctrina physiologiae chemicae plantarum.*<sup>1</sup> Berolini 1793.

Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfasern nebst Vermuthungen über den chemischen Proceß des Lebens in der Thier- und Pflanzenwelt. 2. Bd. Posen und Berlin 1797 und 1799.

Die erste dieser beiden Schriften behandelt Gegenstände von zwei verschiedenen Zweigen der Lehre von den Pflanzen, der systematischen Botanik nämlich und der Pflanzenphysiologie.

Bereits oben habe ich angebeutet, daß die einzelnen Theile der Natur wieder zerfällt werden; bei der Botanik kommen wir auf einen solchen Fall.

Die Untersuchung der Pflanzenwelt kann sich darauf beschränken, einfach die Thatsache zu constatiren, daß diese oder jene Form existirt und kann gewissermaßen protokollarisch eine Beschreibung der gegebenen Pflanze aufnehmen. Wir haben also hier reine Beobachtung, vermittelt deren wir nach und nach von dem Vorhandensein einer größeren Menge von Gewächsen sowie (mit Hilfe der Beschreibung) von deren Aussehen erhalten. Je größer die Menge wird, um so größer wird das Bedürfnis sein, die Beschreibungen in einer Art und Weise anzuordnen, daß nicht nur jede Form ohne viele Mühe gefunden, sondern auch kein Zweifel darüber bestehen kann, wo allenfallsig aufzufindende neue Gestalten untergebracht werden sollen.

Das Nächste wird bei Lösung der Aufgabe sein, daß man diejenigen Formen, die unter einander eine größere Ähnlichkeit haben, von den mehr verschiedenen trennt, und das Resultat wird eine größere oder kleinere Anzahl von Gruppen sein, welche die verwandten Formen umschließen, und je nachdem man die Begriffe dessen, was zusammen gehören soll, mehr oder weniger

1) Die Aphorismen wurden von Gotthelf Fischer ins Deutsche übersetzt und mit Zusätzen von Hedwig nebst einer Vorrede von Ludwig (Leipzig 1794) herausgegeben.

weit ausdehnt, wird man von den kleineren zu den größeren Gruppen übergehen und Arten, Gattungen, Familien, Ordnungen und Klassen bekommen. Wären die einzelnen Formen und Formengruppen strenge von einander getrennt, so würde es nicht schwer halten, eine der Natur entsprechende Eintheilung zu machen; da aber die Natur nirgends einen Sprung macht, und alle Gestalten unvermerkt in einander übergehen, so daß jede Pflanzenart mit zwei oder mehreren andern unter sich ganz verschiedenen Aehnlichkeiten besitzt, so hat die Aufstellung einer solchen Norm sehr viele Schwierigkeiten, und wir begegnen in der Geschichte der Botanik des 16. und 17. Jahrhunderts so manchem verunglückten Versuche, eine passende Norm festzusetzen. Den glücklichsten Erfolg hatte Karl Linné mit seinem 1734 aufgestellten Systeme, nach welchem je nach der Zahl und Anheftung der Staubfäden das ganze Pflanzenreich in 24 Klassen getheilt wird. Das Linnésche System richtet sich in der Klassenbestimmung einzig nach den Staubfäden, und es konnte daher nicht fehlen, daß einzelne in ihrem sonstigen Verhalten nahe verwandte Gewächse in verschiedenen Klassen stehen. Diesem und allen derartigen sogenannten künstlichen Systemen stehen die natürlichen gegenüber, welche zum Zwecke haben, den ganzen Pflanzenschatz nicht nach einem einzigen Merkmale in künstliche Abtheilungen zu bringen, sondern durch gleichmäßiges Auffassen aller Kennzeichen immer die unter sich am meisten verwandten Gewächse in Familien oder Gruppen zusammenzufassen und diese sodann erst weitem allgemeinen Eintheilungsgründen zu unterwerfen. Zwar hat schon Ray am Anfange des vorigen Jahrhunderts eine solche Eintheilung versucht, doch brachte sie eigentlich erst Jussieu zu größerer Geltung. Jussieu theilt das ganze Pflanzenreich in 3 Klassen, Dicotyledonen, Monocotyledonen und Acotyledonen, oder Pflanzen mit zwei, einem oder gar keinem Keimlappen.<sup>1</sup> Die Beschaffenheit des Samens hat nämlich auf den ganzen Bau der daraus hervorkommenden Pflanze einen sehr bedeutenden Einfluß. So hat keine bei uns wachsende Monocotyledone einen Zweig, der selbständig mit Blättern und Blüthen versehen wäre, oder deutlich geschiedenen Holz- und Rindenkörper, und die Stämme fangen erst dann an in die Höhe zu gehen, wenn sie nahezu oder ganz ihre volle Dicke erreicht haben, während die Dicotyledonen gleichzeitig in Länge und Dicke wachsen. Keine Acotyledone hat eine

1) Keimlappen sind die zwei Körper, in welche die Bohne, der Apfelfern u. s. w. sich theilen lassen; unsere Getreidearten, die Zwiebelgewächse u. s. w. haben nur einen einzigen Keimlappen, sind also Monocotyledonen; die die Stelle der Samen vertretenden Organe (Keimkörner) der Pilze, Schachtelhalme u. s. w. haben keine Keimlappen.

Blüthe, und letztere gehören darum auch zu der 24. Klasse Linné's, den Kryptogamen oder verborgnen blühenden Gewächsen, die zugleich auf der untersten Stufe der Entwidlung stehen.

Jussieu theilte das ganze Gewächsreich außerdem in 100 Familien oder Pflanzengruppen, z. B. Ranunculaceen, Lippenblüthige oder Labiaten, Palmen, Gräser, Farrenträuter u. s. w.

Die natürliche Eintheilung ist der vielen Uebergänge wegen keine so feste und sichere, als die künstliche Linné's, und darum, sowie auch aus dem Grunde, daß Jussieu nicht alle Pflanzenformen kannte, sind noch manche Aenderungen in seinem Systeme gemacht worden, die vorzugsweise auf eine Vermehrung der Familienzahl hinausliefen.

Beschäftigen wir uns damit, die einzelnen Pflanzen aufzusuchen, zu beschreiben und sie dann in das durch eines der vorerwähnten Systeme angewiesene Fach einzureihen, so treiben wir einen Zweig der Pflanzenlehre, die *systematische Botanik*.

Die systematische Botanik ist vorzugsweise dasjenige Gebiet, in dem die Botaniker des vorigen Jahrhunderts sich bewegten. Man liebte es, die Pflanzen dieses oder jenes Gebietes zu beschreiben und gelangte so in den Besitz einer größeren Anzahl von Floren.

Diesem Geiste seiner Zeit huldigend, verfaßte auch Humboldt eine Flora, das Verzeichniß der um Freiberg wachsenden Kryptogamen, welches den ersten Theil der ersten der beiden obengenannten Schriften bildet und in welcher er 258 Arten dieser Gewächse beschreibt, unter denen mehrere früher nicht beobachtete sich befinden.

Es bedarf wohl wenig Nachdenkens, um zu finden, daß mit der systematischen Botanik nicht allen Ansprüchen Genüge geleistet ist, welche die Wissenschaft stellt, und es muß sich hier zunächst um die Geseze handeln, nach denen die einzelnen Pflanzenformen über die Erde vertheilt sind. Auf die Beschreibung der einzelnen Floren muß die Untersuchung der Art und Weise folgen, wie sich diese Floren zu einander verhalten, und die Auffuchung dieser Geseze beschäftigt die *Pflanzengeographie*. Dieser neue Zweig setzt offenbar die systematische Botanik voraus, und da man im vorigen Jahrhundert zunächst mit der Ausbildung der letzteren zu thun hatte, mußte die Pflanzengeographie vernachlässigt werden, weswegen nur die Rudimente derselben aus jener Zeit stammen. Man kann wohl sagen, daß die Pflanzengeographie eine Schöpfung Alexanders v. Humboldt sei, und deshalb muß ich mir vorbehalten, in der zweiten Abtheilung hierauf zurückzukommen. Noch einen Schritt weiter als die Pflanzengeographie geht die *Geschichte*

der Pflanzenwelt, welche die Vertheilung der Gewächse in den verschiedenen Zeiten darstellt; auch diese ist das Werk des 19. Jahrhunderts, auch bei ihr begegnen wir unter den Ersten Humboldt.

Während die vorstehenden Zweige der Botanik fast ausschließlich auf der Außenseite der Pflanzen bleiben, bewegt sich die Pflanzenanatomie mehr im Innern der Gewächse, indem sie die verschiedenen Gebilde untersucht, aus denen die Pflanzen zusammengesetzt sind. Im vorigen Jahrhundert ziemlich vernachlässigt, wird die Anatomie der Pflanzen mit Hilfe der Mikroskope jetzt fast ebenso gepflegt, wie früher die systematische Botanik, die gegenwärtig weniger bearbeitet wird.

Wie man verschiedene Floren in Beziehung auf die sie zusammensetzenden Gewächse unter einander vergleichen kann, und wie die so gefundenen Gesetzmäßigkeiten auf die Pflanzengeographie führen, so kann man auch die einzelnen Organe an den verschiedenen Gewächsen verfolgen, kann untersuchen, in welchen Beziehungen Zellen und Gefäße bei der einen Pflanze im Vergleiche mit einer andern stehen, in welcher Weise sich die chemischen Bestandtheile verhalten u. s. w., und erhält so die vergleichende Anatomie der Pflanzen. Wenn man endlich den Zustand eines Gewächses oder seiner einzelnen Organe als mit der Zeit veränderlich betrachtet, so kommt man auf die Vorgänge, die in dem Pflanzenkörper stattfinden, was auf die Pflanzenphysiologie führt, die man in gewissem wenn auch beschränktem Grade als ein Analogon zur Pflanzengeschichte betrachten kann.

Sowohl die vergleichende Anatomie der Pflanzen, als auch die Physiologie derselben hängen in ihren Fortschritten größtentheils von denen der Anatomie, sowie auch von den Hilfswissenschaften namentlich der Chemie ab, und wir werden daher ihren Hauptzweck unter den Arbeiten dieses Jahrhunderts suchen müssen; allein man bestrebt sich schon seit langer Zeit, die Kenntnisse, die man sich in letzterem Zweige erworben hatte, auf die beiden ersteren anzuwenden, und daher kommt es, daß ihre Anfänge schon in sehr lange vergangene Zeiten zurückzuführen sind.

In gleicher Weise wie die Botanik läßt sich auch die Zoologie, oder die Lehre von den Thieren in besondere Zweige sondern.

Da die Pflanzen sowohl als auch die Thiere unter die sogenannten organisirten Körper gehören, muß es wieder zwischen beiden Reihen eine Menge von Verührungs- und Vergleichungspunkten geben, deren Studium natürlicher Weise von dem Stande der beiden zu Grunde liegenden Wissenschaften abhängen muß. Schon Aristoteles hat derartige Vergleichen angestellt und ist zu dem Resultate gekommen, daß die Pflanzen als niedrig organisirte

Thiere anzusehen seien. Wie die Aristotelischen Lehren im Allgemeinen sich lange Zeit erhielten, so war es auch mit dem vorstehenden Sage im Besondern, daß man bis in fast neue Zeit kaum wagte, an seiner Richtigkeit zu zweifeln. In Folge davon war man bestrebt, den bei den Thieren aufgefundenen Organen analog wirkende Theile in den Pflanzen aufzusuchen. So glaubte der Jesuit *Sarrabat de la Vaisse* (in seiner *Dissertation sur la circulation de la sève des plantes*. Bordeaux 1733) nicht nur Herz und Lungen, sondern auch Gedärme und Magen in den Pflanzen nachweisen zu können.

In den Aphorismen, welche den zweiten Abschnitt des vorerwähnten botanischen Werkes *Humboldt's* bilden, scheint dem Verfasser das Bild einer vergleichenden Anatomie für Thiere und Pflanzen vorgeschwebt zu haben, und wir sehen darum, wie weiter unten gezeigt werden soll, die Analogien zwischen Knochen und Holz, Blut und Pflanzenaft besprochen. Streng genommen gehören jedoch die „Aphorismen“ zur Pflanzenphysiologie, wie auch die „Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfasern“ zur Physiologie der Thiere. Beschränkt man sich auf die Grundgedanken beider Werke, so ergibt sich, daß sich die Fundamente auf 3, die Reizbarkeit, die Lebenskraft und die Ernährung und Respiration der Pflanzen reduciren lassen, und diese sollen in gesonderten Kapiteln besprochen werden.

*Humboldt* hat sich übrigens nicht auf die vorerwähnten drei selbständigen Werke beschränkt; er hat außerdem noch eine große Menge kleinerer Abhandlungen geschrieben, und fast gibt es keine deutsche oder französische gelehrte Zeitschrift aus dem letzten Decennium des vorigen Jahrhunderts, die nicht eine Reihe von *Humboldt'schen* Artikeln enthielte. Viele dieser Abhandlungen sind aus der einen Zeitschrift in die andere übergegangen, so daß man sie mannsach wiederholt finden kann. Darum ist es keine leichte Sache, die so zerstreuten Arbeiten zu sammeln, doch hat glücklicherweise *Humboldt* dieses vor seiner Abreise selbst gethan und zwei solcher Sammlungen selbständig veröffentlicht.

Diese Sammlungen sind:

Versuche über die Zerlegung des Luftkreises und über einige andere Gegenstände der Naturlehre. Braun-schweig 1799.

Ueber die unterirdischen Gasarten und die Mittel, ihren Nachtheil zu vermeiden. Ein Beitrag zur Physik der praktischen Bergbaukunde.<sup>1</sup>

1) Nach der Abreise *Alexanders* von *Wilhelm v. Humboldt* herausgegeben.

Jedes der beiden Werke soll der Gegenstand eines gesonderten Kapitels werden.

Die zwei Sammlungen sind nicht vollständig, es fehlt die erste Arbeit, welche Humboldt (wie die „Mineralogischen Beobachtungen“ anonym) veröffentlichte; sie führt den Titel:

Abhandlung vom Wasser im Basalte  
 und findet sich in Crell, Chem. Annalen 1790, I. 414. Außerdem ist noch ein Aufsatz über die Lebenskraft vorhanden, der unter dem Titel: „Die Lebenskraft oder der Rhodische Genius“ zuerst im 2. Bande der von Schiller herausgegebenen Horen veröffentlicht, aber in den später von Humboldt selbst publicirten Ansichten der Natur abgedruckt ist, und seine Stelle in dem Kapitel über die Lebenskraft finden soll. Einige andere Aufsätze sind in den Versuchen über die gereizte Muskel- und Nervenfasern wiederholt. Einen Bericht über die Auffindung eines magnetischen Serpentin-Eisens und darauf bezügliche kleinere Artikel in Gren, „Neues Journal der Physik“ möge mir gestattet sein, auf die zweite Abtheilung zu verschieben. Ein paar kleinere Aufsätze, wie z. B. Versuche über einige physikalische und chemische Grundsätze der Salzwerkkunde (Bergmänn. Journal 1792, S. 1), die für die Jetztzeit wenig Interesse mehr bieten, will ich übergehen, sowie auch einen kleinen Streit mit Witte, dessen Ansichten in dem Kapitel Basalt erwähnt werden sollen, und mit Veroldingen, welcher sich darüber aufhielt, daß Humboldt in den mineralogischen Beobachtungen seiner Theorie, daß das Quecksilber in einigen pfälzischen Bergwerken durch das unterirdische Feuer in die Höhe getrieben worden sei, nicht bestimmte, und daß er Veroldingen's Ansicht über den Basalt falsch aufgefaßt habe, welche Streitigkeiten Humboldt veranlaßten, sich als den Verfasser der Schrift, sowie der Abhandlung vom Wasser im Basalte zu nennen.



## B. Humboldt's Arbeiten über einzelne Gegenstände.

### Der Basalt.

Unter allen Gebilden, welche das Mineralreich hervorgebracht hat, seien sie einfache oder zusammengesetzte, ist nicht eines, über welches unter den Fachmännern ein so lebhafter Streit geführt worden wäre, als über den Basalt. Die Fehde begann um die Mitte des vergangenen Jahrhunderts und war im letzten Decennium des vorigen Jahrhunderts, als Humboldt seine literarische Thätigkeit eröffnete, in der schönsten Blüthe. Sie drehte sich um zweierlei Punkte, um die Frage, ob der Basalt der neueren Zeit dasselbe Gestein sei, das auch die Alten darunter verstanden, und um die Frage, welcher Weise der Basalt seine Entstehung zu verdanken habe.

Die sämmtlichen Naturwissenschaften wurden bekanntlich im Mittelalter auf's Aeußerste vernachlässigt und mußten daher erst in den letzten drei Jahrhunderten durch einzelne große Männer zum Theil wieder belebt, zum Theil auch wirklich erst ins Leben gerufen werden. Der Mineralogie leistete diesen Dienst und ist daher als ihr Stammvater zu betrachten Georg Agricola (Baur), der als Arzt zu Joachimsthal in Sachsen lebend 1546 die erste Mineralogie unter dem Titel: *De natura fossilium* schrieb, und darin den Basalt als eine bestimmte Gesteinart anführte. Er fand bei Plinius das Wort *Basaltis* als Benennung eines Steines und die Angaben des Römers, daß der Basalt schwarz und sehr hart sei, schienen ihm mit den Eigenschaften des Gesteines zusammen zu stimmen, auf dem das Schloß Stolpen in Sachsen erbaut ist, weshalb er diesem auch den Namen Basalt gab, der noch heutzutage für alle Gebirgsarten gilt, welche die wesentlichen Eigenschaften des Stolpener Gesteines theilen. Agricola bespricht die Härte und Schwärze sowie den Fundort des Steines und sagt von ihm, daß die Natur ihn zuweilen in Säulen theile, die bald rundlich bald mehrseitig seien.

Die Seitenzahl der Säulen schwankt zwischen 7 und 4, meistens sind Quertheilungen der einzelnen Säulen vorhanden, bisweilen zeigen die Stücke Kugelform. Als ausgezeichnete Beispiele dieser Bildung kennt man die Säulen des Niesenweges in Irland, die der Fingalshöhle auf Staffa. Die Basalte sind unter einander so verschieden, die Uebergänge in andere Steinarten sind so mannfacher Natur, daß es unmöglich ist, eine kurze Beschreibung ihrer Eigenschaften zu geben, die geeignet wäre, jeden Basalt alsbald von jeder andern Steinart zu unterscheiden. Bei allem Schwankenden, dem man hier begegnet, gibt es aber immer einen Anhaltspunkt, genau bestimmen zu können, was Agricola als Basalt bezeichnete, den Felsen zu Stolpen. Nicht so gut sind wir mit dem Basalte der Alten daran. Das Wort Basaltes kommt nämlich in der ganzen alten Literatur nur ein einzigesmal vor und zwar bei Plinius XXXVI, 11. An dieser Stelle wird erwähnt, daß der Basalt Farbe und Härte des Eisens habe und in Aegypten und Aethiopien gefunden werde. Das größte Stück dieses Gesteines befinde sich im Tempel der Pax, sei von dem Imperator Vespasian dem Augustus geweiht und stelle den Nil mit 16 um ihn spielenden Kindern dar, worunter man sich eben so viele Cubitus als der Strom beim höchsten Stande erreicht zu denken habe. Ein anderes Stück dieses Steines solle (Plinius sagt es also nicht mit Gewißheit) in Theben sein, den Memnon vorstellen und jeden Tag, sowie es von den Sonnenstrahlen getroffen werde, einen Ton von sich geben.

Will man diesen Stein des Plinius mit dem des Agricola vergleichen, so zeigt sich alsbald, daß es gar viele harte und schwarze Steine geben kann, die darum nicht dieselbe Zusammensetzung haben müssen: ferner sind Aegypten und Aethiopien zu groß, und die Steine, die man daselbst findet, sind zu verschieden, als daß man von einer Art derselben sagen könnte, sie sei der Plinius'sche Stein, und was endlich das Nildenkmal anbelangt, so ist es aller Wahrscheinlichkeit nach gar nicht mehr vorhanden. Man hielt einige Zeit eine kolossale, eine Sphinx vorstellende Statue dafür, welche ein Füllhorn führt, um die herum 16 Kinder sich befinden und die Papst Clemens XIV. 1799 restauriren ließ; allein diese besteht aus weißem Marmor. Von der Memnonstatue weiß Plinius selbst nicht gewiß, ob sie aus Basalt sei, und dann kann man in der Jetztzeit auch nicht mit vollkommener Bestimmtheit angeben, welcher unter den vielen Kolossen in Theben eben diese Memnonstatue sei. Man findet zwar einen Kolos mit Inschriften aus den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung, welche angeben, daß dieser oder jener sich den Ton des Memnon gehört habe, obwohl Verwüster (Cambyses) ihn verflümmelt hätten. Aber gerade die

Statue, welche die Inschriften enthält, ist noch wohl erhalten und besteht aus Sandstein.

Aus diesem ergibt sich leicht, daß hier ein weites Feld für Muthmaßungen und Streitigkeiten ist, allein daran ist noch nicht genug. Das Wort Basalt kommt, wie bereits erwähnt, bei Plinius nur einmal vor. Außerdem findet man bei ihm wie auch bei verschiedenen andern Schriftstellern öfters einen Stein Basanit erwähnt, dessen Beschreibung, wiewgleich eben so unvollständig als die des Basaltes, jedenfalls ein von diesem wenig verschiedenes Gebilde anzeigt und daneben führen die alten Classiker noch andere Steine, wie lapis lydius, lapis aethiopicus auf. Alle diese wurden mit dem Basalte und Basanite darum für synonym gehalten, weil sie theils ebenfalls als Probirsteine benutzt werden können wie der Basalt des Agricola, theils wie der Basalt des Plinius aus Aethiopien stammen. Der harte Stein wurde auch zur Herstellung von Mörsern benutzt und dieses gab wieder Veranlassung zu einer neuen Verwechslung, mit einem Steine, den Strabo (ed. Amst. 1707 II. p. 818.) zwischen Syene und Philä fand.

Dieses Gewirre von verschiedenen Ansichten prüfte Humboldt in seinen „Mineralogischen Beobachtungen“ näher und kam dadurch zu folgendem Resultate. 1) Es ist kein Grund in den Classikern vorhanden, den Basaltes Pl. mit dem Syenites, basanites, lapis lydius und lapis aethiopicus zu vermengen. 2) Man darf nicht, wie bisher, apodiktisch behaupten, daß unser Basalt der Basaltes Pl. sei. 3) Es ist jetzt unmöglich, bestimmt zu entscheiden, welchen Stein Plinius Basalt nenne. 4) Der vermeintliche Basalt des Strabo ist Granit. 5) Es ist völlig ungewiß, ob der loc. classic. Plin. XXXVI, 11 und der beim Strabo S. 818 Bezug auf einander haben.

Zugleich sagt Humboldt p. 65: „Sollten Plinius und Strabo einerlei Steinart bezeichnen, was die Philologie nicht entscheiden kann, so wäre der weite Abstand zwischen unserm Basalte und dem Basalte der Alten erwiesen. Mir wenigstens ist dieser Abstand auch aus andern Gründen wahrscheinlich. 1) Unser Basalt scheint gar nicht dazu geschickt zu sein, um vom Meißel bearbeitet zu werden, und doch rechnet Plinius den Basalt unter die Marmorarten. Zu einem unförmlichen Klotze, zu einer Memnonstatue kann man unsern Basalt allerdings behauen, welche Schwierig-

1) Später (1808) hat Buttmann (Museum der Alterthumswissenschaften von Wolff und Buttmann, II. 1808. 87.) es wahrscheinlich gemacht, daß das Wort Basaltes ein Schreibfehler ist und Basanites heißen sollte, da in früherer Zeit häufig das n durch einen Strich auf dem vorhergehenden Vocale bezeichnet wurde, und eine Verwechslung von Basanites mit Basaltes sehr leicht möglich ist.

keiten aber müßte jener Künstler zu überwinden gehabt haben, der es wagte, den verschleierte Nil mit 16 auf ihm spielenden Kindern darin vorzustellen? 2) Aegypten war das Vaterland des Plinischen Basalts. Ist es nicht auffallend, daß bei so vielen wiedergefundenen Steinbrüchen in Aegypten noch immer keine Spur von einem Basaltbruche entdeckt worden ist? Mit eben dem Rechte, mit welchem Winkelmann die Existenz des ägyptischen Porphyrs läugnet, kann man auch die Existenz des ächten Basaltes in Oberägypten bezweifeln.<sup>1</sup> 3) Plinius gibt den Basalt als ein bloß ägyptisches Product an. Wäre sein Basalt und der unsrige einerlei Steinart, so hätte er gewiß auch seine Lagerstätten in Italien und dem südlichen Frankreich gekannt. Zu den Zeiten der Despotie, da die Römer so aufmerksam auf die Erzeugnisse ihres Vaterlandes waren, konnten jene europäischen Basalte nicht unbenutzt, geschweige denn ganz verborgen bleiben. Sie mußten überdies durch ihre regelmäßige, säulenförmige Gestalt das Auge des Naturforschers auf sich ziehen. Plinius, der die Steine so gern nach ihrer Figur unterscheidet, erwähnt bei seinem Basalte dieses Kennzeichen gar nicht.“ In S. 70 sehen wir von Humboldt einen Satz ausgesprochen, der leider nicht so viel berücksichtigt wird, als er verdient. Er sagt: „Viele Irrthümer in der Naturgeschichte der Alten entstehen daraus, daß wir den Classikern eben die Genauigkeit und Bestimmtheit der Sprache zutrauen, an die uns der systematische Geist der letzteren Jahrhunderte gewöhnt hat. Die Botanik und Mineralogie waren zu den Zeiten des Dioscorides und Theophrastus auf der untersten Stufe ihrer Ausbildung. Pflanzen und Fossilien wurden nach ihrer habituellen Gestalt, nach ihrem zufälligen Gebrauche, nicht nach ihren wesentlichen Kennzeichen beschrieben. Die Terminologie war damals bei den Gelehrten eben so schwankend, als sie es jetzt bei der unangelehrten Volksklasse ist.“ Würden diese Worte, wie sie es verdienen, beherzigt, wie viele unfruchtbare Streitigkeiten würden dadurch vermieden!

Der Basalt war nicht nur das Object eines philologischen Streites, sondern auch, und zwar noch viel mehr, eines geologischen, und die Frage, auf welche Weise der Basalt entstanden sei, war lange Zeit hindurch ein Thema, mit dem sich die Naturforscher beschäftigten.

Agricola rechnete den Basalt unter die Marmoryarten. Walch hält (1764) die Prismen des Basaltes für große Kryalle: er findet es für wahr-

1) Nach den spätern Erforschungen von Ritchie besteht das im Westen von Aegypten gelegene Gebirge Harusch, der Mons ater des Plinius, aus Basalthügeln (v. Humboldt, Ansichten der Natur. 2. Aufl. 80).

scheinlich, daß an den Orten, wo sich jetzt Basaltsäulen finden, früher Seen gewesen seien, aus deren Wasser die Säulen heraustrystallisirten. Damals galt es als ausgemacht, die Basalte haben sich aus dem Wasser gebildet, und dem französischen Naturforscher *Desmarest*<sup>1</sup> war es vorbehalten, diese Ansicht zu erschüttern. Er hatte in den Jahren 1763 — 1766 Italien und Süd-Frankreich bereist und in der Auvergne, besonders in der Gegend von Clermont, an den dortigen Puys und dem Gebirge des Montd'or die ausgezeichnetsten Basalte gefunden. Die ganze Gegend stellte das lebendigste Bild von Vulkanen dar. Auf einer Ebene erhoben sich eine Menge von kegelförmigen Granitbergen, und auf deren Gipfel meistens Krater mit Schlacken, Asche, Bimsstein und Lava, und aus diesen Kratern hatten sich flüssige Ströme ergossen, welche nach ihrer Erstarrung ihren Weg deutlich durch verschieden modificirte Lava bezeichneten, die sich bald als basaltisch, bald porphyrtartig, bald der neueren vesuvianischen Lava ähnlich charakterisirte. *Desmarest* fand wirkliche Basalte bald auf vulkanischen Schlacken und auf Asche, bald mitten in ehemaligen Lavaströmen oder in Schlacke, Bimsstein u. s. w. eingehüllt, oder als ganz geflossene Masse davon überdeckt, und zog daraus den Schluß, daß der Basalt der Auvergne sich nicht aus dem Wasser gebildet habe, sondern eine vorher flüssige Masse gewesen sei, die sich wie die Lava der jetzigen Vulkane aus Kratern ergossen und, bei dem Erkalten aus dem flüssigen in den festen Zustand übergegangen, die verschiedenen Formen angenommen habe, in denen sie sich jetzt finde. Die Zerreißung in die Prismen erklärte er aus der ungleichen Abkühlung der Oberfläche und der innern Masse und der damit verbundenen ungleichen Zusammenziehung der einzelnen Schichten.<sup>2</sup>

Diese neue Ansicht verfehlte nicht, großes Aufsehen zu machen, und wenn auch da und dort einige Aenderungen vorgenommen wurden, fand sie doch bald viele Anhänger, sie wurde sogar auf eine sehr possirliche Weise übertrieben. So sprach *Witte* die Ansicht aus, die ägyptischen Pyramiden seien

1) Histoire de l'Académie royale des sciences 1771 p. 705, 1772 p. 500, 1773 p. 599.

2) Diese Theorie des Zerspringens der Basalte wurde später namentlich von *Poulett Scrope* ausgebildet. Das Zerspringen fester Körper bei ungleicher Erwärmung oder Erkältung ist eine ganz allgemeine Erscheinung, die man leicht im Experimente zeigen kann, wenn man heißes Glas in kaltes Wasser steckt. Dicke Glaslöthe springen bei der Erwärmung in dem Basalte ähnliche Gestalten. Haben sich die Säulen gebildet, so kommt durch Fortsetzung der Erscheinung, da jetzt die Prismenseiten ebenfalls abgekühlt werden, ein Zerspringen der Säulen senkrecht auf ihrer Axe zum Vorschein.

nichts als Basaltauswürfe und hätten sich in ihrer jetzigen Gestalt aus der Erde gehoben. Das Labyrinth ist nach derselben Theorie ein Ausguss von Lava über der Erde, der See Möris ein eingesunkener Krater. Der vermeintliche Sarkophag des Cheops in der großen Pyramide, über den die Alterthumsforscher so viel gestritten haben, ist nach Witte<sup>1</sup> aus der glühenden Lava entstanden. Zwei Quaderstücke von Basalt lagen wie ein paar Zwieback über einander. Als das untere größere noch weich war, drang das obere hinein und so erhielten beide ihre jetzige sargartige Gestalt.<sup>2</sup> Der Brunnen in der großen Pyramide ist ein Luftloch des Vulkans. Die Inschriften, die Sphynxen, selbst die Reste von Persepolis, Balbeck und Palmyra, der Riesenbrunnen auf Ceylon, der Tempel des Jupiter zu Sirgenti in Sicilien und die zwei Paläste der Incas von Peru bei Lacatagua und Muncanjar sind natürliche Basaltgruppen und Lavaflüsse, die Inschriften sind Schörl, Zeolith und Kalkspath, die Aufgedunsenheit der Figuren ist ein sichtbares Zeichen der aufgeblähten Lava.

Trotz dieser schwärmerischen Bestimmung blieb der Theorie Desmarest's die Opposition nicht aus. An den deutschen Basaltfelsen fand man keine Spur von Schlacken und Lavaströmen; hier treten die Basalte als vereinzelte Kuppen auf, die auf Sandsteinen und andern offenbar aus dem Wasser gebildeten Felsarten lagern, und die vulkanische Theorie wurde daher von den meisten deutschen Geologen nicht angenommen, sondern die neptunische, die die Entstehung der Gebirge und namentlich des Basaltes von Niederschlägen aus dem Wasser ableitet, beibehalten. Diese Theorie, an deren Ausbildung Werner, Professor zu Freiberg, der nachmalige Lehrer Humboldt's, den größten Antheil hatte, lehrte, daß in verschiedenen Perioden das Meer, dessen Wasser eine große Menge Schlamm u. dgl. mit sich führte, die Erde überfluthete und daß aus der Verhärtung der nach dem Zurücktreten des Wassers liegenden Stoffe die (Flüg-) Gebirge sich gebildet hätten, welche sich auf den primitiven Felsen, die nach der Schöpfung aus dem allgemeinen Gewässer herauskrystallisirten, nämlich Granit, Gneiß, Syenit u. s. w. auflagerten. Bei der letzten dieser Ueberfluthungen sollte der Basalt geblieben sein, der früher ein einziges, ungeheuer verbreitetes, verschiedene primitive und Flüg-Gebirge bedeckendes Lager ausmachte, welches im Laufe der Zeiten zwar meistens zerstört wurde, dessen Ueberbleibsel aber

1) Ueber den Ursprung der Pyramiden in Aegypten.

2) Humboldt sagt (Min. Beobachtungen S. 30), daß nach Maillet der Sarkophag von Porphyr, nach Savary von gelblichem Kalkstein, nach andern Mineralogen von antikem Granit also wenigstens nicht von Basalt war.

noch in den Basaltkuppen zu sehen seien. Unter dem Basalte seien gelegentlich Kohlenflöße, und wenn ein solches in Brand gerathe, so werde der Basalt geschmolzen und erscheine als Lava.

Während also die *Werner'sche* Theorie den Vulkanen nur eine sehr untergeordnete Bedeutung in dem Vorgange der Erdbildung zutheilte, wurden die Ansprüche, welche die Partei der Vulkanisten für die Wirkung des Feuers machten, immer größer, und es wurden bald nicht nur der Basalt, sondern auch der Trapp, Dolerit, Porphyr, ja selbst der Granit, kurz alle Felsarten, die keine natürliche Schichtung zeigen, und keine versteinerten Reste vormaliger organischer Geschöpfe enthalten, dem unterirdischen Feuer zugeschrieben, eine Theorie, die namentlich in *Hutton*, dessen Hauptwerk (*Theory of the Earth*) jedoch erst 5 Jahre nach der Humboldt'schen Schrift über die Basalte veröffentlicht wurde, ihren Vertreter fand. — Nach dieser Theorie war die Erde früher eine im feurigen Flusse befindliche Kugel, die sich allmählig abkühlte, so daß jetzt die Oberfläche kalt, die große Masse des Innern noch im flüssigen Zustande ist. Die durch Abkühlung erstarrte Oberfläche ist nicht eben, die höheren Theile bilden Gebirge, die niedrigeren sind vom Meere bedeckt. Die vom Wasser nicht bedeckten Theile werden durch die Witterung, Wasser u. s. w. allmählig zerflört, und der Schutt durch die Flüsse in's Meer geführt, wo derselbe wieder zusammenbackt. Im Laufe der Zeiten ändert sich das Relief der Erde, und so ist es möglich, daß früher vom Meere bedeckte Gegenden aus demselben hervorragen und die aus dem Abfalle früherer Berge entstandenen Felsen neue Gebirge bilden. Die *Werner'schen* durch Krystallisation gebildeten Steine entsprechen also hier denjenigen, die durch Erstarrung früher flüssigen Materials entstanden, die auf nassem Wege gebildeten Felsen der *Hutton'schen* Theorie sind den bei *Werner* durch Anschwellen des Wassers entstandenen analog, und außerdem hat *Hutton* noch das durch Vulkane als Lava und dgl. ausgeworfene Gestein.

Das Gebiet der neptunistischen Partei war vorzugsweise Deutschland, obwohl sie in dem Bergrathe *Voigt* zu Weimar einen entschiedenen Gegner hatte, während die französischen Geologen fast durchaus der Theorie des Vulkanismus huldigten. Die Herrschaft der Neptunisten in Deutschland wurde vorzugsweise durch *Werner's* Persönlichkeit selbst bedingt. *Werner*, als Beobachter und Systematiker einer der größten Mineralogen aller Zeiten, übte durch die Klarheit seines glänzenden Vortrags eine unbedingte Herrschaft über seine Schüler aus, deren Verehrung für ihren Lehrer so weit ging, daß die meisten, selbst nachdem sie sich von der Unhaltbarkeit seiner Theorie über den Basalt überzeugt hatten, doch erst nach seinem Tode ihre Ansicht un-

untwunden aussprachen, um nur dem Meister durch diesen Widerspruch keinen Kerger zu machen. Werner gründete sein System auf die geologischen Verhältnisse Sachsens, die allerdings dem Erkennen vulkanischer Einwirkung auf die Basaltbildung sehr ungünstig sind, denn von Kratern u. dgl. gibt es hier keine Spur. Die deutschen Basalte treten fast immer in einer Gestalt auf, welche der der Hutpilze nahe kommt, wobei jedoch nur der Hut über die Erdoberfläche ragt, während der Strunk in dem Boden steckt. Betrachtet man das Ganze von oben und außen, so findet man nur eine ringsum begrenzte Masse von Basalt, die auf irgend einem neptunisch gebildeten Gesteine aufliegt und erst wenn man durch dieses letztere durchgräbt, findet man, daß die obere Basaltmasse durch einen mit Basalt ausgefüllten Kanal mit der Tiefe in Verbindung steht. Von diesem Verhältnisse wußte man aber damals noch nichts. Da Werner keine größeren Reisen machte, hielt er die Form des sächsischen Basaltes, dessen Verbindung mit der Tiefe er aber nicht kannte, und den er für durchaus ganz oben liegend hielt, für den auf der ganzen Erde herrschenden Typus. Die Franzosen hatten den entschiedenen Vortheil, daß ihnen die Vulkane der Auvergne einen Einblick in die Lage der Sache bot, die sie alsbald von der Richtigkeit der vulkanischen Theorie überzeugte. Es ist Thatsache, daß kein Beobachter von der Auvergne als Anhänger der Wernerschen Lehre zurückkehrte.

Als A. v. Humboldt im Jahre 1790 seine Beobachtungen über die Basalte veröffentlichte, war der eben geschilderte Streit so ziemlich am lebhaftesten. Deutschlands Mineralogen standen fast sämmtlich auf der Seite Werners, und wenn auch Humboldt damals noch nicht zu dessen eigentlichen Schülern gehörte (er bezog Freiberg erst im Jahre 1791) und er sich mehr mit der Beschreibung des Auftretens der Basalte des Niederrheins, unter denen die des Steinbruches von Unkeln besonders großartig erscheinen, als mit der Frage, auf welche Art sie entstanden seien, befaßt, so läßt sich leicht erkennen, daß er auf Seite der Neptunisten stand, wenn er sich auch nicht geradezu dafür ausspricht. So z. B. neigt er sich S. 79 zur neptunistischen Erklärung der Entstehung der Basaltsäulen, indem er sagt: „Die regelmäßige Gestalt der Basalte ist zwar an sich nicht mehr unerklärbar, als die Gründe, aus denen Alaun in doppelte vierseitige Pyramiden, das Kochsalz in Würfel anschießt.“ Er zieht hier offenbar die Ableitung der Basaltform aus dem Vorgange der Krystallisation, also die neptunistische, der Erklärung durch ungleiche Abkühlung der verschiedenen Schichten eines erstarrenden Lavastromes vor. Ebenso finden wir S. 118: „In der schönen, in Deutschland einzigen Sammlung von vesuvianischen Producten zu Bonn



sah ich allerdings Laven, die den Unfeiler und Frankfurter Mandelsteinen sehr ähnlich sind. Diese Ähnlichkeit kann aber wenig für den vulkanischen Ursprung der letzteren entscheiden. Die Verschiedenheit der italienischen Laven ist so groß, daß man wohl kaum einen Stein in Deutschland findet, der nicht irgend eine Verwandtschaft mit ihnen zu haben schiene. Das im Ganzen nur schwache Feuer der Vulkane greift die ausgeworfenen Mineralien nicht sonderlich an. Die Grundstoffe, welche wir in den meisten Laven erkennen und die gleichsam das Charakteristische derselben ausmachen, sind unserm Vaterlande so gut, als dem untern Italien eigen. Verwitterung bringt oft eben die Porosität hervor, als das Aufblähen der erhitzten Dämpfe. Kein Wunder daher, wenn dieselben Grundstoffe, zu einer ähnlichen Masse verändert, zu den sonderbarsten Täuschungen Anlaß geben können.“

Diese Andeutungen mögen genügen, um zu zeigen, daß Humboldt 1790 noch Anhänger der neptunischen Theorie war, und gerade er sollte eine der Hauptstützen der entgegengesetzten Ansicht werden!

Es läßt sich nachweisen, daß A. v. Humboldt bis zum Antritte seiner amerikanischen Reise Anhänger der Wernerschen Schule geblieben sei, denn in einem Aufsatze, der sich unter dem Titel „Die Entbindung des Wärmestoffs als geognostisches Phänomen betrachtet“ in der Sammlung von Abhandlungen über die chemische Zerlegung des Luftkreises befindet, vertrat er mit besonderem Nachdrucke den Satz: Die feste Erdmasse bildete sich durch Niederschläge aus Flüssigkeiten; aufgelöste Stoffe wurden aus ihren AuflösungsmitteIn abgetrennt. Wir haben hier den Gegensatz zur Lehre der Vulkanisten, die die feste Erde (der Hauptmasse nach) als Resultat der Erstarrung vormalig glühend flüssiger Substanzen betrachten.

Der schwache Punkt der Wernerschen Lehre war stets die Angabe der Art, wie es denn gekommen sein möge, daß die das nachmalige Gestein im aufgelösten Zustande enthaltenden Gewässer bald vor-, bald zurücktraten, bald Gesteine absetzten, bald nicht. Humboldt scheint eine Abhilfe dieses Uebelstandes in der genannten Abhandlung im Auge gehabt zu haben.

Als Grundlage des Ganzen dient die Thatsache, daß überall da, wo ein flüssiger Körper den festen Aggregatzustand annimmt, Wärme entwickelt wird.

Es seien nun eine ganze Menge fester Stoffe in Wasser gelöst! Sowie ein Theil der letzteren aus der Lösung herauskristallisirt, wird diese heiß, ein Theil verdunstet, die durch Verdunstung verminderte Wassermasse vermag nicht mehr das, was in ihr aufgelöst ist, alles in Lösung zu halten

und es schlägt sich eine neue Quantität fester Substanz nieder. So ruft ein Niederschlag den andern hervor, und da ein Theil des Wassers bald als Dampf in der Luft bald nach der durch Wärmeabgabe an den Weltenraum erfolgten Abkühlung auf der Erde ist, folgt eine verschiedene Höhe desselben auf der Erde.

Die durch solche Krystallisationen hervorgerufene Wärme betrachtet Humboldt als die eigentliche von der Sonne unabhängige Wärme der Erde. Seit früherer Zeit ist die Erde abgekühlt, und unser Planet ist jetzt nicht mehr wie früher im Stande, in höheren Breiten Thiere und Pflanzen hervorzubringen, die wir jetzt in der Tropenzone finden.

### Die Reizbarkeit.

Unter den Ursachen, welche den mannichfaltigen Erscheinungen des Thier- und Pflanzenlebens zu Grunde liegen, spielte in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts besonders die sogenannte Reizbarkeit oder Irritabilität eine große Rolle. Man betrachtete die Materie als das sinnlich Erkennbare, das Raumausfüllende, und nahm an, daß auf sie die an sich nicht sinnlich wahrnehmbare, nur in und an jener anschauliche Kraft wirkte. Von dieser Kraft nun seien unendlich viele Abstufungen und Modificationen denkbar und unter diesen eine, die in Folge von Einwirkungen von außen (Reizen) nach außen wirkte, und diese Kraft sei die Reizbarkeit.

Spuren, daß solche Erscheinungen wahrgenommen wurden, gehen weit zurück, und man findet daher viele zerstreute Bemerkungen darüber; schon Virgil kannte die Zuckungen am frischen Fleische. Der Erste, welcher die Reizbarkeit einer größeren Aufmerksamkeit würdigte, war Albert v. Haller<sup>1)</sup>, der, der größte Physiologe des 18. Jahrhunderts, in der Mitte desselben in Göttingen wirkte. Die Untersuchung der verschiedenen Theile des Menschen- und Thierkörpers führte ihn auf die Beobachtung verschiedener, namentlich auch faserig zusammengesetzter Gebilde, die bei mehr oder weniger rauher, mechanischer Berührung, Stichen, Schnitten, bei Anwendung chemischer Agentien, wie Scheidewasser, Vitriolöl, Spießglanzbutter (jetzt An-

1) Die Grundzüge seiner Lehre finden sich in: Dissertation sur les parties irritables et sensibles des animaux par M. de Haller, traduit par Tissot. Lausanne 1755.

timonchlorid) ein abweichendes Verhalten zeigten. Er nannte einen Theil sensibel, wenn derselbe die Thatsache der geschenehen Verührung zum Bewußtsein der Seele des Menschen, deren Wohnsitz er in dessen Hirn legte, bringen konnte, oder wenn seine Verührung bei dem Thiere, von dem er annimmt, daß es ungewiß sei, ob es eine Seele habe oder nicht, die Erscheinungen des Schmerzes oder des Mißbehagens hervorrief. Hierher gehören nach ihm vorzugsweise die Nervenfäsern. Andere Theile ziehen sich zusammen, wenn sie gestochen, gebrannt, oder auf andere Weise verlegt werden, sie verkürzen sich, ohne daß darum ein Schmerzgefühl zum Vorschein käme, da die Empfindung sich nicht zum Hirne fortpflanzt. Diese Erscheinung zeigen z. B. die Muskeln eines frisch abgenommenen Gliedes, das mit dem Geschöpfe, dem es früher angehörte, in gar keiner Verbindung mehr steht und demselben daher auch kein Schmerzgefühl mehr mittheilen kann. Zu diesen, den reizbaren Theilen, rechnet Haller die Muskelfäsern; er läugnet zwar nicht, daß auch andere Organe reizbar sein können, doch sagt er, dieses sei in ganz geringem Grade der Fall, und er untersuchte sie auch nicht weiter. Andere Stoffe, wie z. B. die Sehnen, erklärte er für weder empfindlich noch reizbar. Die Hauptanwendung, die Haller von der Reizbarkeit der Muskelfäser machte, war die Erklärung des Herzschlages; er machte so die Contractionen dieses Organes unabhängig von den Functionen des Gehirns und der Arterien und stellte den Satz auf, daß das Blut wie auch andere Flüssigkeiten, selbst die Luft, als Reizmittel für die Muskelfäsern des Herzens diene, und diese veranlasse, sich zu verkürzen, wodurch das ganze Herz zusammengezogen würde; dadurch werde das Blut hinausgedrängt und nach dem Aufhören des Reizes nehme das Herz den alten Raum wieder ein. Dieser neue Satz, ausgesprochen von einem Manne wie Haller, konnte nicht unbeachtet bleiben und seine Aufnahme war bei den verschiedenen Physiologen der damaligen Zeit eine je nach deren vorherigen Ansichten verschiedene. Man wendete vorzugsweise ein, daß, wenn die Contraction des Herzens eine Folge des Blutreizes sei, sich nicht gut einsehen lasse, warum die Zusammenziehung erst erfolge, wenn das Herz vom Blute voll sei, da es doch viel natürlicher wäre, daß bei dem Eintritte des Blutes auch die Zusammenziehung erfolge, und das Herz sich demnach gar nicht damit füllen könne. Andere Physiologen, wie Lups, Winter u. s. w., nahmen die Hallersche Theorie nicht nur an, sondern erweiterten sie sogar, und gründeten auf die Reizbarkeit ein ganz neues System des thierischen Haushaltes, in welchem sie die Functionen der Gefäße, Nerven, kurz sämtlicher Organe auf sie zurückführten; de la Mettrie machte sie zur Grundlage eines Systems, in wel-

dem er den Menschen als Maschine darstellte, und die Immaterialität der Seele läugnete.

Die erste Veröffentlichung Haller's datirt vom Jahre 1739. Wollen wir die Ausbildung seiner Lehre kennen, welche dieselbe bis zum Jahre 1790, in welchem Humboldt seine wissenschaftliche Thätigkeit begann, erlangt hatte, so dürfte es zweckmäßig sein, zu untersuchen, wie sie sich in den um jene Zeit veröffentlichten Schriften präsentirte, und ich wähle hiezu die Abhandlungen Girtanners aus, welche sich in den Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts par MM. Abbé Rozier, Monge, et de la Metherie Tom. XXXVI. 1790 und in deutscher Uebersetzung in Grens Journal der Physik, 1791, III. finden. Girtanner wendet das Princip der Reizbarkeit nicht wie Haller nur auf Thiere, sondern auch auf die Pflanzen an, und betrachtet die ganze organisirte Natur als aus festen und flüssigen Theilen zusammengesetzt, von denen die ersteren aus drei Arten primitiver Fasern, den erbigen, den sensibeln und den irritabeln bestehen. Die erbigen Fibern sind unorganisirt, unempfindlich und unreizbar; die sensibeln oder nervigen Fasern sind empfindlich, aber nicht reizbar; die irritabeln endlich sind das letztere allein. Es gibt drei Arten reizbarer Fasern, die gerade, die spirale und die cirkelförmige. Die Wirkung der geraden Faser ist eine gleichzeitige Annäherung aller ihrer Theile gegen einander, wodurch eine Verkürzung derselben erzielt wird, worauf bei dem Aufhören des Reizes der frühere Zustand wieder eintritt. Hieher gehört die schon von Haller angeführte Contraction des Herzens, sowie auch die Zuckung, welche man an frisch von dem Körper abgetrenntem Muskelfleische wahrnimmt, wenn man es mechanisch zerrt oder dem Einflusse verschiedener chemischer Substanzen, wie Schwefelsäure, aussetzt. Auch die spiralförmige Faser zieht sich zusammen, aber nicht an allen Stellen gleichzeitig, sondern zuerst da, wo der Reiz angebracht wurde, dann allmählig an den ferner liegenden Punkten. Ihre Wirkung ist eine vorübergehende Verengerung des innerhalb der Spirale liegenden Kanales. Durch diese Art von Wirkung erklärt Girtanner die Bewegung der Flüssigkeiten in den Gefäßen, deren Wandungen er mit Spiralfasern ausstattet, und wir sehen hierin wieder eine Erweiterung des Haller'schen Satzes, der zunächst nur die Muskelfasern für irritabel erklärte. Girtanner's Theorie ist vorzugsweise gegen die von Hales gerichtet, der in seiner Statik der Gewächse die Bewegung der Säfte in den Pflanzen von der Wirkung der Verdunstung und der Haarröhrchenanziehung, der Kraft, vermöge deren manche Flüssigkeiten in engen Röhren höher stehen, als in mit diesen communicirenden weiten, abhängig gemacht hatte. Als nämlich

Newton am Anfange des vorigen Jahrhunderts nach vorausgegangener Entdeckung der Gravitation gefunden hatte, daß die vorher für sehr complicirt gehaltenen astronomischen Erscheinungen sich als die Wirkungen einer einem sehr einfachen Gesetze unterliegenden Kraft darstellen lassen, war man einige Zeit darauf emsig damit beschäftigt, auch die übrigen Erscheinungen in der Natur, namentlich die der organischen Welt, auf einfache Ursachen zurückzuführen. Es ist das gewöhnliche Loos größerer Entdeckungen, zuerst verkannt und dann überschätzt zu werden, und so hatte auch die Newtonsche Entdeckung zuerst mancherlei Opposition zu bekämpfen, sie war aber auch großentheils die Ursache, daß man ein paar Decennien später alle Vorgänge in der Natur als mechanische Probleme betrachtete. Ganz ähnlich ging es mit der bereits oben erwähnten Huttonschen Theorie der Erdbildung und auch gewissermaßen mit der Reizbarkeit, die im letzten Jahrzehnt des vergangenen Säculums in der höchsten Blüthe stand.

Die cirkelförmige Faser hatte nach Girtanner die Function, durch gleichzeitige Zusammenziehung an allen ihren Theilen irgend einen Kanal zeitweilig abzuschließen oder wieder zu öffnen.

Auch den stüffigen Theilen der Thiere und Pflanzen wurde Reizbarkeit zugeschrieben, aus der ihre Gerinnbarkeit abgeleitet wurde.

Der Grad der Irritabilität ändert sich nach Girtanner beständig, wechselt mit der Lebensweise, dem Alter u. s. w. des Individuums; sie häuft sich bei Abhaltung eines regelmäßigen, gleichmäßig fortwirkenden Reizes an, wird aber durch Anwachsen desselben, oder durch öfteres Wiederholen eines außergewöhnlichen vermindert, und daraus entstehen drei verschiedene Zustände der Faser.

1) Der Zustand der Gesundheit, der bei jedem Individuum verschieden ist, der Ton der Faser.

2) Der Zustand der Anhäufung, der durch die Abhaltung der gewöhnlichen Reize hervorgebracht wird.

3) Der Zustand der Erschöpfung, bedingt durch zu starke Anwendung eines Reizes.

Der organische Körper bekommt beständig einen Zuwachs von Reizbarkeit, der ihm durch fortgesetzte Reizung wieder entzogen werden muß. Stehen Zufluß und Abgang mit einander im Gleichgewichte, so folgt die Gesundheit, das Wohlbefinden des Individuums, welche aufhören, wenn die Zustände 2 und 3 durch irgend eine Ursache eintreten. Die Krankheit ist daher von zweierlei Art, und danach muß sich auch ihre Behandlung richten. Bei ganzlichem Erlöschen der Reizbarkeit erfolgt der Tod.

Bereits oben wurde angedeutet, daß Haller mit der Schwierigkeit zu kämpfen hatte, daß das durch das Blut reizbare Herz sich gar nicht ganz damit füllen könne; Girtanner erklärt diese Erscheinung dahin, daß nach der Contraction das Herz sich in einem Zustande der Erschöpfung befinde, und unthätig sei, und erst wenn es nach einiger Zeit wieder wirke, könne es sich von Neuem zusammenziehen; dann sei es aber auch wieder mit Blut gefüllt.

Als Reize, welche regelmäßig wirken, bezeichnet er die Wärme, das Licht, die Nahrung, die Circulation der Säfte und den Nervenreiz, welcher letztere jedoch nur bei den Thieren vorkomme und auf den sich der Einfluß der Leidenschaften sowie der moralischen Eindrücke, wie der Freude, Trauer u. s. w. reduciren.

Fragen wir, worauf denn die Reizbarkeit eigentlich beruhe, ob sie irgend eine immaterielle, unsern Sinnen nicht wahrnehmbare Grundlage habe, oder ob sie an irgend einen durch chemische Mittel darzustellenden materiellen Körper gebunden sei, so finden wir diese Frage dahin beantwortet, daß der Sauerstoff der Träger aller Reizbarkeit sei, dessen Uebermaß oder Mangel im Körper den Zustand der Anhäufung oder Erschöpfung bedinge, und auf dessen Regulirung sich die gesammte Therapie schließlich reduciren müsse.

Eine solche Ausarbeitung der Therapie finden wir bei John Brown<sup>1</sup>, dessen System sich fast in ganz Europa längere Zeit der größten Auerkennung erfreute. Brown bleibt übrigens nicht bei der Reizbarkeit (irritabilitas) stehen, sondern nimmt dafür die Erregbarkeit (excitabilitas), worunter er nicht nur eine Verkürzung irgend einer Muskelfaser, sondern allgemein eine durch irgend eine von außen kommende Wirkung hervorgebrachte Aenderung im organischen Körper versteht. Er nimmt einen Zustand der Erregbarkeit und eine Erregung an. Heben beide sich auf, so folgt Gesundheit, während eine steigende Differenz beider wachsende Krankheit und endlich den Tod herbeiführt. Samuel Lynch hat das Ganze sogar tabellarisch zusammengefaßt.<sup>2</sup> Man findet hier zwei in 80 Grade getheilte Scalen, Erregung und Erregbarkeit, die einander parallel laufen, aber während die eine oben mit 0 beginnt, unten mit 80 aufhört, hat die andere die entgegengesetzte Eintheilung. In der Mitte haben beide Scalen 40, dort heben Erregung und Erregbarkeit sich auf, dort ist Gesundheit; bei 0 Erregbarkeit und 80

1) John Browns System der Heilkunde mit einer kritischen Abhandlung über die Brownschen Grundsätze von C. H. Pfaff. Entwurf einer einfacheren Arzneikunst oder Erläuterung und Bestätigung der Brownschen Arzneilehre von M. A. Weikard.

2) Beilage zu dem Pfaff'schen Werke.

Erregung, welche zusammenfallen, stehen Pest und Tod, bei 80 Erregbarkeit und 0 Erregung sind Apoplexie und wieder Tod. Steigt die Erregung über den 40. Grad, so nimmt die Erregbarkeit ab und es gehört nun eine noch stärkere Erregung dazu, eine gegebene Aenderung hervorzurufen. Mit dem Mißverhältniß steigt die Schwäche und alle Erregungsmittel wirken daher schwächend, d. h. mindern die Erregbarkeit.

Man kann die Brown'sche Lehre als den Culminationspunkt der Theorie der Reizbarkeit betrachten, doch liegt darin bereits etwas, was der letzteren viel von ihrer Wichtigkeit raubte, so daß sie jetzt nicht mehr in dem Ansehen steht, das sie vor 60 Jahren genoss. Brown nimmt nämlich nicht nur Reizbarkeit an, sondern gibt auch Aenderungen zu, die nicht auf eine bloße Verkürzung von Fasern reducirbar sind, und gerade das genauere Studium dieser Aenderungen, auf welches man durch Brown geleitet wurde, ist eine der Ursachen, warum man, von dem Allgemeinen auf das Specielle übergehend, den Satz von der Reizbarkeit im Ganzen gegenwärtig weniger verfolgt.

Humboldt betrachtete in seinen Aphorismen die Reizbarkeit als ein charakteristisches Kennzeichen des Lebens, als einen Ausfluß einer eigenen Kraft, der Lebenskraft, und unterschied demzufolge die Bestandtheile der Thiere und Pflanzen als belebte (reizbare) und unbelebte. Unter die letztere Klasse gehören nach ihm bei den Thieren die Knochen, Haare, Nägel, der feine Bart an der Pinna<sup>1</sup> und dem Mytilus<sup>2</sup>, bei den Pflanzen das Oberhäutchen, das Holz und die Samentrone. Eine Vergleichung der Knochen mit dem Holze führt ihn auf den Schluß, daß die Pflanzen mit den meisten Thieren, welche weißes und kaltes Blut haben (den wirbellosen Thieren), das gemein haben, daß sie keine wahren Knochen besitzen, obwohl das Holz deren Stelle vertritt.

Als reizbare, also lebende Theile der Pflanzen, bezeichnet er die Saftgefäße, das Zellgewebe, die Luftgefäße, während er aus der Beweglichkeit einiger Staubfäden, Blätter und Blattstiele darauf schließt, daß die Pflanzen auch Muskelfasern (die ebenfalls reizbar sind) besitzen. Die Reizbarkeit als der Ausdruck der Reaction einer im Innern des reizbaren Körpers befindlichen Kraft muß sich durch irgend einen Vorgang zu erkennen geben und dieser Vor-

1) Riesmuschel, in der Nordsee zu Hause, und durch einen Haarbüschel an andere Körper befestigt.

2) Steck-, Seiden- oder Schinkenmuschel. Aus der Oeffnung hängt ein Bart hervor, der in Palermo, Messina und Smyrna zu Handschuhen verarbeitet wird. Man hält dieses Product für den Byßus der Alten.

gang zeigt sich durch Bewegung. Der Bewegungen, die man an den Pflanzen wahrnehmen kann, gibt es dreierlei Arten. In die erste Klasse gehört die stetige Bewegung wie beim *Hedysarum gyrans*<sup>1</sup>, welche ohne durch irgend einen Reiz unterbrochen zu werden, sich bald langsamer, bald geschwinder zeigt, am Mittag bisweilen aufhört, in der Nacht aber desto stärker wird. Zu der zweiten Klasse gehören diejenigen eigenen und unwillkürlichen Bewegungen, welche durch einen neuen Reiz hervorgebracht werden. Beispiele hierzu liefern *Parnassia palustris*<sup>2</sup> und *Rutha chalepensis*.<sup>3</sup>

1) *Hedysarum gyrans* ist eine Pflanze aus der Familie der Hülsenfrüchte, ihr Vaterland ist Bengalen. Sie hat wie der Klee dreizählige Blätter, wovon das Endblatt bedeutend größer ist, als die seitlich stehenden. Die Bewegung dieser Pflanze ist von zweierlei Art, wovon die eine, von dem Lichte abhängige, von dem Hauptstiele und dem großen Endblatte, die andere von den Seitenblättern ausgeführt wird. Die erstere besteht in einem Aufrichten und Niedersinken. In den ersten Morgenstunden und an gewöhnlichen etwas trüben Tagen stehen die gemeinsamen Blattstiele in einem spitzigen Winkel vom Stamme ab; sobald aber die Sonne darauf scheint, zieht sich der Blattstiel gegen den Stamm und die Spitze des Blattes erhebt sich, ja die ganze Pflanze nimmt eine Richtung nach der Sonne an, so daß sie oft einige Stunden hindurch ganz schief steht. Kehrt die Pflanze in den Zustand des Schlafes zurück, so sinken zuerst die Blätter zurück, die Stiele ziehen sich an den Hauptstamm und dann legen sich die großen Blätter so genau an diesen, daß sie ihn wie ein Mantel umschließen. Die Bewegungen der Seitenblättchen sind diejenigen, von denen Humboldt oben spricht. Das eine derselben hebt sich langsam in die Höhe und legt sich mit der innern Fläche an den Stiel des Hauptblattes, sobald dieses geschehen, fängt das gegenüberliegende Blättchen an zu sinken, und kommt mit der oberen Fläche nach außen zu liegen, bis sich die untere Fläche der Länge nach an den Stiel legt. Hierauf sinkt das zuerst emporgestiegene Blättchen, und nachdem es sich dem Blattstiele ebenfalls nach hinten angelegt hat, beginnt das andere wieder zu steigen. Je wärmer die Luft und je üppiger die Pflanze, um so schneller zeigt sich auch die Bewegung, doch kann nach A. v. Humboldt sehr große Hitze auch lähmend wirken. Die Bewegung dauert bei Tage wie bei Nacht gleichmäßig fort.

2) Nach den Untersuchungen Humboldts (Asteri, *Annal. der Botanik* 1792. III. 7), bewegen sich in derselben Ordnung, in welcher der Pollen reift, die Staubfäden ruckweise zum Pistille, bei der Annäherung schnell und auf einmal, bei der Entfernung nach geschehener Befruchtung in drei Absätzen. Zählt man die Staubfäden von rechts nach links, so bewegt sich zuerst 1, dann 5, 2, 4 und endlich 3. Der vierte und dritte Staubfaden machen die Bewegung meistens zusammen, wenigstens erhebt sich der dritte, wenn der vierte noch nicht ausgeleert ist.

3) Bei den Rauten stehen die Staubfäden in zwei Reihen, jede zu 4; in der einen opponiren sie den Blumenblättern, in der andern alterniren sie mit ihnen. Bei dem Eröffnen liegen jene den Blumenblättern fest an, diese sind etwas nach rückwärts gekrümmt. Wenn die Antheren reifen, biegen sich diese Staubfäden in die Höhe



Die dritte Classe bilden die Bewegungen derjenigen Pflanzen, welche durch äußerlich wirkende Ursachen zur Bewegung gereizt werden. Hieher gehören *Mimosa pudica*, *Dionoea muscipula*, *Oxalis sensitiva*.<sup>1</sup>

Soll die Reizbarkeit genauer untersucht werden, so muß es Mittel geben, dieselbe zu erhöhen oder sie zu schwächen. Als Mittel, welche die Reizbarkeit der Pflanzen erhöhen, dienen oxygenirte Kochsalzsäure (unser jetziges Chlorwasser), oxydirte Metalle, Sauerstoffgas, Wasser, kochsalzsaures Ammonium (Salmiak), salpetergesäuerte Pottasche (Salpeter), mit kohlenaurer Luft, Salpeter-, Schwefel-, Zucker-, oder einer andern Säure gemischtes Wasser, mäßige Wärme, Schwefel, mäßig angewandte Electricität.

Sehr interessant sind die Versuche, welche Humboldt mit Chlorwasser anstellte. Er entdeckte, daß Kressamen in dasselbe gelegt, schon nach einer halben Stunde aufschwellen, nach 6—7 Stunden keimten, und in einer weiteren Stunde Keime von der Größe einer Pariser Linie geben, während

bis sie sich über die Narbe des Pistilles gelegt haben. Bald gehen sie einzeln, bald mehr oder weniger gleichmäßig, alle vier zusammen. Die Staubfäden des andern Kreises bewegen sich viel langsamer und zwar einer nach dem andern. Den zu diesen Bewegungen Veranlassung gebenden Reiz sucht Humboldt, wie auch bei der *Parnassia*, in der Samenfeuchtigkeit des Pollens.

1) *Mimosa pudica* ist eine in Brasilien wachsende Pflanze aus der Familie der Hülsenfrüchte. Bei Erschütterungen legen sich ihre Blättchen mit ihren Oberflächen zusammen und der mehreren Blättchen gemeinsame Stiel senkt sich, und da ein Blättchen, indem es seine Bewegung macht, die Nachbarblättchen erschüttert, pflanzt die Erscheinung sich sehr häufig fort. Nach v. Martius ist der Fußschlag eines durcheilenden Pferdes hinreichend, um ganze Massen von *Mimosen* in Bewegung zu setzen. In derselben Weise wirken Temperaturänderungen.

*Dionoea muscipula* (Venusfliegenfalle) ist ein krautartiges Gewächs aus Nordcarolina. Das Blatt besteht aus 2 gleich großen Lappen, von etwas ovaler Form, die sich auf beiden Seiten des Mittelnerven ausbreiten, so daß dadurch am oberen Ende ein tiefer Einschnitt zwischen diesen beiden Lappen entsteht. Dieses aus 2 gegenüberstehenden Lappen zusammengesetzte Blatt hat das Eigenthümliche, daß es sich nach oben zusammenfaltet, wenn es in der Mittellinie der oberen Fläche gereizt wird, und bei diesem Zusammenklappen legen sich die Borsten, welche wie Wimpern die Ränder einfassen, über Kreuz zusammen. Da diese Bewegung schon dadurch veranlaßt werden kann, daß ein Insekt von der Größe unserer Fliegen über die Mittellinie des Blattes fortläuft und dann von den sich schnell zusammenlegenden Blattlappen eingeschlossen wird, hat die Pflanze den Namen Fliegenfalle erhalten.

Bei der *Oxalis sensitiva* zeigt sich bei der Berührung ein Zusammenlegen der Blättchen nach unten. Um Mittagszeit geschieht dieses schon bei dem bloßen Anhauchen, und an regnerischen und stürmischen Tagen öffnen sich die Blättchen gar nicht.

in Salzsäure gebrachte Samen gar nicht, in Wasser gelegte erst nach 36—38 Stunden Keime entwickelten.<sup>1</sup> Ebenso fand er, daß Erbse- und Bohnensamen in angefeuchtete Metalloryde, wie Rennig, Bleiglätte und Massicot gebracht, schneller als in feuchter Erde keimten, und daß auch Sauerstoffgas diesen Vegetationsproceß merklich beschleunigte. Die übrigen genannten Reizmittel haben alle die Wirkung, daß sie, in mäßigem Grade mit den Pflanzen in Verbindung gebracht, sowohl das Wachsthum derselben befördern, als auch die Bewegungen der Theile sensibler Pflanzen, wie der Blätter von *Hedysarum gyrans*, lebhafter machen.

Mittel, welche die Reizbarkeit der Pflanzen schwächen, sind: heftige elektrische Schläge, Sonnenstrahlen, Opium, zu große Wärme, kohlensaures Gas, Stickstoffgas. Die Hauptursache der reizmindernden Eigenschaft dieser Stoffe, von denen ein großer Theil auch unter den Beförderern der Irritabilität angetroffen werden, ist das Allzuviel, und öftere Wiederholung eines Reizes nimmt dem Gewächse seine Irritabilität, wie dieses Girtanner von den Thieren beobachtet hat. Die Wirkung zeigt sich an dem Ermatten der Pflanzen, dem Sinken der vorher straff gerichteten Blätter; dem Aufhören der Beweglichkeit sensibler Pflanzentheile.

Auf die Untersuchung der Reizbarkeit der festen Pflanzentheile folgt die der Reizbarkeit der Flüssigkeiten, denn jeder organische Körper enthält Bestandtheile von beiden Aggregatzuständen, und es ist bisher so wenig eine Flüssigkeit gefunden worden, die für sich Lebensfähigkeit äußert, als ein fester Körper ohne alle Flüssigkeiten dieses vermag. Die Lebenskraft ist bei den Flüssigkeiten verschiedener Geschöpfe verschieden, ihre Eigenwärme, d. i. die Wärme, um welche sie die umgebenden Medien überragen, nimmt ab, wenn man von den Vögeln auf die Säugethiere, Fische, dann auf die Pflanzen übergeht, und ebenso verhält es sich mit den Aenderungen, welche die Flüssigkeiten nach dem Tode des Individuums erleiden. Der Saft der Pflanzen

1) Auf diesen Versuch kam Humboldt, als er den Einfluß des Sauerstoffs als Reizmittel der Pflanzen untersuchen wollte, denn damals hielt man das Chlorwasser, wie schon der Name oxygenirte Kochsalzsäure andeutet, für eine sehr sauerstoffreiche Verbindung. Das Phänomen, daß die Samen in Chlorwasser so schnell keimen, machte sehr großes Aufsehen und fand seinen Weg in die verschiedensten Zeitschriften. Der Entdecker kam in seinen nachmaligen Schriften wiederholt darauf zurück. In seinem Werke über die chemische Zerlegung des Luftkreises widmet er ihm noch einen eigenen Abschnitt, in dem er erwähnt, daß die befördernde Wirkung der oxygenirten Kochsalzsäure nur so lange dauert, als das Keimen währt, da die gekeimten Pflanzen in derselben in Folge des Ueberreizes an Bleichsucht dahin sterben.

kommt dem warmen und kalten Blute der Wärmer am nächsten, denn da er sich nach dem Austritte aus den Gefäßen nur wenig ändert, scheint er fast schon nach den Gesetzen der chemischen Verwandtschaft gebildet zu sein. Die Bewegung des Saftes ist in den Pflanzen viel langsamer als in den Venen der Thiere, ist jedoch je nach Klima, Witterung, Gesundheitszustand und Alter in derselben Pflanze verschieden. Aus einerlei Saft, der durch die Saftgefäße aus den Wurzeln dem Körper zugeführt wird, werden alle Flüssigkeiten desselben gebildet. Was die Wärme anbelangt, so scheint es Humboldt nicht unwahrscheinlich, daß die Pflanzen Wärmestoff aus der sie umgebenden Luft aufnehmen, den sie mit Sauerstoff verbunden unter Einwirkung des Luftreizes wieder aushauchen. Daher der kühle Schatten, den uns die Bäume geben.

Die vorstehenden Sätze sind Humboldts „Aphorismen aus der chemischen Physiologie der Pflanzen“ entnommen; dieses Werk erschien im Jahr 1793. Humboldt scheint bei Abfassung des Buches die Untersuchungen Galvani's noch nicht gekannt zu haben, was allerdings, da die Forschungen beider Gelehrten ziemlich gleichzeitig waren, nicht gut möglich sein konnte; doch sehen wir aus dem Werke: „Ueber die gereizte Muskel- und Nervenfasern“, das 1797 erschien und an dem er mehrere Jahre arbeitete, daß er sich sehr bald der durch Galvani's Forschungen angeregten Ideen bemächtigte.

Durch Zufall hatte im Jahr 1790 Aloysius Galvani, Professor der Anatomie zu Bologna, die Entdeckung gemacht, daß die ihrer Haut beraubten Füße frisch getödteter Frösche unter dem Einflusse der Electricität in ein sehr bedeutendes convulsivisches Zucken gerathen. Begierig aufzufinden, welche Einwirkung die atmosphärische Electricität auf die Frösche ausübe, durchstach er ihr Rückenmark mit einem metallenen Hälzchen und hing sie an dem eisernen Geländer des Gärtchens, welches seine Wohnung umgab, auf. Die Frösche zuckten von Zeit zu Zeit, allein nicht nur, wenn es blitzte, sondern auch bei ruhigem Wetter, welche letztere Erscheinung von dem elektrischen Zustande der Luft abzuleiten Galvani nicht gelingen wollte. Im Verlaufe seiner Untersuchungen legte er in einem verschlossenen Zimmer einen Frosch auf eine eiserne Scheibe und sah, als er den in das Rückenmark gesenkten Haken an das Eisen gebracht hatte, die nämlichen Bewegungen entstehen. Bei der Anwendung anderer Metalle war der Erfolg der nämliche, außer, daß nach der Verschiedenheit derselben die Zusammenziehungen bald stärker waren, bald schwächer. Benutzte er Nichtleiter der Electricität statt des Metalles, so blieben die Erscheinungen aus; dagegen zeigte sich, daß

es nicht unumgänglich nöthig sei, daß die Musculatur und die Nerven des Frosches gleichzeitig und unmittelbar das Metall berühren, sondern daß man auch andere Körper dazwischen einschalten könne, wenn diese nur das Vermögen haben, die Electricität zu leiten. Als er nämlich mit der einen Hand einen zubereiteten Frosch an dem durchs Rückenmark gestochenen Haken so hielt, daß dessen Füße eine silberne Schale berührten, mit der andern Hand aber die Schale unmittelbar, oder vermittelt eines metallenen Gegenstandes faßte, so gerieth das Thier in heftige Bewegung. Diese Bewegung unterblieb, wenn er die Schale berührte, während ein Anderer den Frosch hielt, sie erfolgte aber, wenn beide sich anfaßten. Gesah letzteres nicht unmittelbar, sondern schalteten sie eine Glasstange zwischen sich ein, so geschah keine Zusammenziehung, wohl aber, so oft sie die Glasstange durch einen eisernen Cylinder erlegten. Galvani erklärte diese Reihenfolge von Erscheinungen mit Zuhilfenahme einer neuen Quelle von Electricität, der thierischen. Der Nerv sollte, vermöge eines Actes der Lebenskraft positiv, der Muskel negativ elektrisch, und beide Electricitäten, wie in den Leydner Flaschen in der Weise getrennt sein, daß sie an dem gegenseitigen Uebertritte zueinander gehindert wären. Dieser Uebergang finde statt, wenn man Muskel und Nerv durch ein Metall oder einen andern Electricitätsleiter verbinde, und dadurch werde die Bewegung des Froschschenkels hervorgerufen.

Es konnte nicht fehlen, daß das galvanische Experiment dem Sturme der Zeit zum Troste häufig wiederholt wurde, denn man hoffte, wie schon so oft, daß der hier beobachtete Zusammenhang zwischen Electricität und Muskelbewegung einen tiefen Blick ins Innere der Natur gestatten werde. Die Untersuchung dieser Erscheinung beschäftigte die Naturforscher jener Zeit um so mehr darum in hohem Grade, als man sich damals überhaupt mit der Reizbarkeit viel beschäftigte, und hier ein neues Mittel, Reize hervorzu- bringen, geboten war. Die Erklärung Galvani's wollte bei dem anwachsenden Material der Erscheinungen nicht mehr genügen, und bald machte dieser, bald jener Beobachter seinen Anbau an das Gebäude des italienischen Naturforschers.<sup>1</sup> Einen vollkommenen Gegensatz zu dieser Theorie bildete bald die von Alexander Volta veröffentlichte, denn die Ursache der Erscheinung, sowie der Ort ihres Entstehens sind nach ihm ganz andere.

Stecht man in das Rückenmark eines Frosches einen Metallstift und verbindet man die Musculatur des Thieres mit dem Stifte durch ein anderes

1) Eine vollständige Zusammenstellung der Literatur des Galvanismus von der Entdeckung bis 1800 findet sich in der Revision der Literatur für die Jahre 1785—1800 in den Ergänzungsblättern zur allg. Lit. Zeitung II. Nr. 119 u. ff.

Metall, das beide berührt, so fängt der Frosch an, sich zusammenzuziehen, und diese Wirkung kann längere Zeit hindurch wiederholt werden. Galvani setzte die Ursache, wie bereits erwähnt, in das Thier und betrachtete das Metall als bloßen Leiter, als Weg, den die Elektrizität einschläge, um vom Nerv zum Muskel und umgekehrt zu kommen. Volta dagegen legte den Ursprung der Erscheinung in die Verschiedenheit der Metalle oder auch anderer zwischen Muskel und Nerv eingeschalteter Körper, an deren Verbindungsstelle Elektrizität entwickelt und dann durch das Thier als Leiter fortgepflanzt werden sollte. Von dem einen Metalle strömt nach Volta die eine Elektrizität, von dem andern Metalle die andere aus und entgegengesetzte Wege gehend, begegnen sich beide im Thiere, das als ein ganz empfindliches Mittel, die Elektrizität anzuzeigen, zu betrachten ist. Allenfallsige Zuckungen der Frösche bei Anwendung eines einzigen Metalles wurden nach Volta dadurch erklärt, daß diese Gleichartigkeit nur scheinbar und in der Härte sowohl als Reinheit des Metalles an den beiden Enden ein Unterschied sei. Es muß sowohl nach Galvani's als auch nach Volta's Theorie jedesmal eine leitende Verbindung zwischen den Bestandtheilen des ganzen Apparates (der Kette) Nerv, Muskel und Metall, welsch letzteres die beiden ersteren berührt, oder Metall A, Metall B und Thier, das wieder mit A und B in Verbindung steht stattfinden, (die Kette geschlossen sein), wenn ein Zucken des Frosches eintreten soll, und letzteres bleibt aus, wenn das letzte Glied der Reihe mit dem ersten nicht verbunden ist.

Als in den ersten Jahren die Ansichten der Naturforscher über unsern Gegenstand getheilt waren und es fast so viele Theorien als Beobachter gab, Theorien, die bald mehr auf der einen Seite waren, bald mehr der andern sich zuneigten, oder eine Vermittlung zwischen den beiden Extremen Galvani und Volta zu Stande zu bringen suchten, war Alexander v. Humboldt's Ansicht eine Modification der Galvani's. Man findet dieses bereits auf den ersten Seiten seines Werkes, „Ueber die gereizte Muskel- und Nervenfaser“, denn er weist die Benennung Metallreiz für die in Rede stehenden Erscheinungen zurück, da die Metalle (entgegen der Ansicht Volta's) nicht nur nicht die Hauptsache seien, sondern sogar ganz umgangen werden können, während nur mit Empfindungsfibern versehene Stoffe erregt werden können. Die strenge Volta'sche Theorie beruhte auf dem Nichteintreten der Zuckungen bei der Nichtanwendung zweier sich berührenden heterogenen Metalle, während Humboldt dasselbe aus zu geringer Reizbarkeit der thierischen Substanz ableitet, da er fand, daß, wenn die zwei Metalle einander nicht unmittelbar berührten, sondern etwa durch einige

Cubiklinien Muskelfleisch getrennt waren, die Zuckungen bei sehr lebhaften Thieren eintraten, bei abnehmender Reizbarkeit aber verschwanden. Er suchte daher, wie er es früher bei den Pflanzen gethan hatte, nach Mitteln, die im Stande wären, die Reizbarkeit zu erhöhen, und fand solche in der wässrigen Auflösung des kohlensauren Alkali's und in der oxigenirten Kochsalzsäure, während Säuren und Alkohol eine Verminderung der Thätigkeit hervorriefen. Tauchte er den Nerv des Thieres in die Reizmittel, so traten die Erscheinungen ein, auch wenn die heterogenen Metalle sich nicht unmittelbar berührten. Er beobachtete sogar, daß bei sehr reizbaren Thieren Zuckungen eintraten, wenn er unter Umgehung jeden Metalles einen Muskel mit dem entblößten Nerven in Berührung brachte.

Um die Construction der jeweiligen Apparate leicht erkenntlich zu machen, führte Humboldt eine eigene Zeichensprache ein, deren Grundzüge hier einen Platz finden mögen. Ein angewandtes Metall- oder auch kohlenhaltiges Stück, da die Kohle sich wie ein Metall verhält, führt den Buchstaben P, ein zweites, wenn es aus dem gleichen Metalle besteht, P, wenn nicht p. PP bezeichnet mithin 2 sich berührende Stücke von gleichem, Pp von ungleichem Material. Feuchte thierische und vegetabilische Theile, Muskelfleisch, Wasser, nasses Tuch u. s. w., die nach der Volta'schen Theorie nicht als Erreger der Electricität, sondern als bloße Leiter dienen, führen, wenn sie gleichartig sind, die Zeichen HH, wenn nicht Hh. Sind die einzelnen Theile des Apparates mit einander in Berührung, so stehen ihre Zeichen nebeneinander oder sind durch einen Strich mit einander verbunden, und geht der Strich von einem Endgliede zum andern, so ist der erste Bestandtheil des Apparates mit dem zweiten, dieser mit dem dritten u. s. w., der letzte endlich einerseits mit dem vorletzten, andererseits mit dem ersten in Berührung. Die Kette ist also geschlossen. Kommt bei einer Zusammenstellung das Zucken zum Vorschein, so wird das Zeichen +, wenn nicht, das Zeichen — vorangesetzt.

Von den verschiedenen Versuchen, die Humboldt gemacht hat, setzt er nachstehende Resultate zusammen.

1. Zustand hoher Reizempfänglichkeit.

- + Nerv und Muskel.
- + Nerv, Muskel H.
- + Nerv Hh.
- + Nerv PP<sup>1</sup>.

1) Hier ist also die Kette nicht geschlossen und nur der Nerv, nicht aber der Muskel, berührt das eine Metall.

- + Nerv Muskel P.
- + Nerv P'.
- + Nerv PH.
- + Nerv Muskel PpP.
- + Nerv Muskel PHp.
- + Nerv Muskel PHpHP.

## 2. Zustand mindererer Reizempfänglichkeit.

- + Nerv Muskel Pp.
- + Nerv Muskel PpPp.
- + Nerv Muskel PHpHP.
- + Nerv Muskel PpHp.

3) Negative Resultate liefern bei geringerer Reizbarkeit die Zusammen-  
setzungen.

- Nerv hH.
- Nerv PP.
- Nerv P.
- Nerv Muskel PpP.
- Nerv Muskel PHp.
- Nerv Muskel PHpHP.

Aus dieser Zusammenstellung folgt, daß bei minderer Reizempfänglichkeit nur diejenigen Combinationen wirken, bei denen zwei auf einander folgende Glieder einer Reihe Metalle heterogen sind. Diese Fälle sind es, die nach der stricten Theorie Volta's allein thätig sind, während Humboldt für den Fall höherer Reizbarkeit noch die unter 1) aufgestellten Schemata als von Erfolg begleitet angibt.

Nach Volta entsteht, wie bereits erwähnt, die Electricität da, wo zwei heterogene Metalle oder Kohle und Metall sich berühren, und die andern (nicht metallischen) Körper mit Einschluß von Nerv und Muskel dienen als Leiter oder doch nur in sehr untergeordnetem Grade als Erreger der Electricität; Volta machte daher den Unterschied zwischen Excitatoren der ersten und zweiten Klasse; Humboldt schlägt dafür die Benennungen Zwischenglieder erster und zweiter Klasse vor, denen als wirksamen die isolirenden oder störenden Substanzen gegenüber stehen, weil sie, in einer Kette irgendwo eingeschaltet, jeden Erfolg verhindern. Als wirksame Zwischenglieder führt er eine lange Reihe von Stoffen an, an deren Spitze die regu-

1) Zwei Punkte des Nervens werden von demselben Metallstücke berührt.

linischen Metalle und die Kohle stehen, und die durchaus von Körpern gebildet wird, welche heutzutage als Leiter und Halbleiter der Electricität in den Lehrbüchern der Physik vorkommen, während wir die heutigen Nichtleiter der Electricität als störende Glieder aufgezählt finden. Als Humboldt seine Untersuchungen machte, mußten diese zwei Klassen von Körpern erst gesucht werden, da man damals bei der Neuheit des Gegenstandes unmöglich die Eigenschaften jedes einzelnen a priori bestimmen konnte und unsere gegenwärtige Kenntniß derselben eben aus den früheren Erfahrungen stammt, zu denen Humboldt einen wesentlichen Beitrag leistete.

Man findet in dem Humboldtschen Werke einen reichen Schatz von Beobachtungen über die Einwirkung des Galvanismus auf die Körper der organischen Welt, in deren Detail einzugehen ich vermeiden will. Nirgends findet man in den damaligen Schriften eine solche Masse von Thatfachen, und die Humboldtsche Arbeit war damals eine wirklich hervortragende. Es soll hier nur angeführt werden, daß die Pflanzen unter dem Einflusse des Galvanismus keine Erscheinungen geben, die sich nicht auf einen mechanischen Reiz reduciren ließen, daß dagegen die sämtlichen Thierklassen Wirkungen der mannichfaltigsten Art zeigen. Je größer die Eigenwärme der einzelnen Thiere, um so schneller erlischt nach erfolgtem Tode in der Regel die Reizbarkeit, die um so länger dauert, je kleiner das Gehirn und je größer die Nerven des Thieres sind, während der Grad der Lebhaftigkeit vor dem Tode das entgegenge setzte Verhalten nach demselben zu beobachten pflegt.

Bei den Menschen äußert sich die galvanische Wirkung auf mehrere Arten, von denen die eine, eine blitzähnliche Erscheinung in den Augen, nach Humboldt auf viererlei Weisen erzielt werden kann. Man sieht eine Lichterscheinung, wenn man beide Augen mit verschiedenen Metallen; etwa einer Kupfer- und einer Silbermünze, bedeckt und dieselben mit einem Metallstück unter sich verbindet; man kann aber auch die zwei Metalle an die Nasenhöhle und ein Auge, an Zunge und Auge oder an die Zunge und die spongiose Substanz der Oberzähne bringen, und wird das Leuchten ebenso wahrnehmen. Der letztere Versuch ist darum interessant, weil hier das Auge gar nicht berührt wird; er erklärt sich aus den Verzweigungen der Nerven. Personen, deren eines Auge zerstört und verträumt ist, sehen die blitzähnliche Erscheinung deutlich an dem gesunden Auge. Auch die Nase ist nicht unreizbar. Monro in Edinburg war so empfindlich, daß er aus der Nase blutete, wenn er Zink ganz leise in das Nasenloch schob, und damit die Zungenarmatur, (ein auf der Zunge liegendes von Zink verschiedenes Metall) berührte.

Ein weiteres durch Galvanismus erregbares Sinnesorgan ist der Ge-



schmack. Der darauf bezügliche Versuch ist der unter allen galvanischen am längsten bekannte, da er älter ist als die Beobachtung Galvani's von den Zucken der Frösche, der aber vorher nicht näher untersucht wurde, denn bereits 1760 machte Sulzer die Entdeckung, daß Blei und Silber unter sich und mit der Zunge in Berührung gebracht, einen besondern Geschmack verursachen. Volta hat dabei eine Verschiedenheit des erregten Geschmacks nach Verschiedenheit der Armatur, einen säuerlich-brennenden und einen alkalisch-bittern angegeben. „Wenn dieser Unterschied in der Natur auch nicht so bestimmt ist, sagt Humboldt, als es jene Worte ausdrücken, so ist er doch immer vorhanden und nicht in bloßer Abstufung der Stärke und Schwäche begründet, Merkwürdig ist es, daß bei diesem Experimente außer den Geschmacksorganen zugleich auch wie bei dem Genuße heißer Speisen das Gefühl afficirt wird. Die brennende Empfindung, welche eine breite Silberfläche unter und Zink über der Zunge hervorbringt, ist schlechterdings eine Erscheinung des letztern Sinnes, denn man bemerkt das Brennen vollkommen in der Lippe, wenn man diese nebst der Zunge armirt. Dagegen wird Kälte erregt, wenn man die hintere obere Fläche der Zunge mit Zink, die untere vordere mit Silber armirt, ja die Empfindung der Kälte nimmt zu, wenn man mit dem Zinke tiefer gegen die Zungenwurzel fortschreitet. Setzt man das Galvanisiren an dieser Stelle lange fort, so erregt der Reiz eine Uebelkeit, welche bis zum Erbrechen vermehrt werden kann. Man glaube nicht, daß diese Uebelkeit Folge des mechanischen Reizes sei, denn homogene Metalle kann man unter ähnlichen Umständen lange Zeit appliciren, ohne dasselbe Gefühl zu erregen.“

A. v. Humboldt war der Erste, der galvanische Versuche an sich selbst an eigens dazu durch Blasenpflaster hervorgerufenen Wunden machte. Als beide Blasen aufgeschnitten waren, quoll wie gewöhnlich die lymphatisch-seröse Feuchtigkeit ungefärbt herab. Wo sie den Rücken berührte und antrochnete, ließ sie nichts als einen schwachen Glanz zurück, der durch Waschen sogleich vernichtet wurde. Die eine Wunde wurde mit Silber bedeckt, und dieses mit Zink verbunden. Kaum war dieses geschehen, so wurde unter schmerzhaftem Brennen neue Flüssigkeit hervorgelockt. Diese Feuchtigkeit erschien aber zum Erstaunen aller Umstehenden nicht weiß und gutartig, sondern in wenigen Secunden rothgefärbt, und entzündete, wo sie herabließ, den Rücken mit blutrothen Striemen. Die von dem Galvanisiren herrührende Empfindung, die durch die gewöhnlichen Reizmittel sich erhöhen ließ, erklärt Humboldt für einen von dem durch Elektrisiren entstandenen ganz verschiedenen, eigenthümlichen Schmerz. Er unterscheidet heftiges Pochen und einen ordentlichen Druck mit anhaltendem Brennen verbunden.

Nach der Besprechung der verschiedenen Beobachtungen wendet sich unser Gelehrter zur Erklärung der Erscheinungen. Er vergleicht die vorhandenen Theorien, als deren Ausgangspunkte die bereits besprochenen Ansichten Galvani's und Volta's zu betrachten sind mit den Erscheinungen, und findet, daß keine der erstern vollkommen genüge, die letztern zu erklären. Er widerspricht Galvani, der Nerv und Muskel mit beiden Belegen einer Leydner Flasche verglich, und die eine Electricität dem Nerv, die andere dem Muskel zuschrieb, da man durch Berührung des Nervens an zwei gesonderten Stellen, also unter Umgehen des Muskels, die Zuckungen hervorrufen kann, aber er opponirt auch Volta, da man auch mit Umgehung der Metalle sehr reizbare Thiere zu erregen vermag, ja mitunter (und darauf legt er besonderes Gewicht) wie in dem Falle Nerv PP die Kette gar nicht zu schließen braucht, eine Maßregel, die nach Volta unbedingt nothwendig ist. Er kommt zu dem Schlusse, daß der Stimulus in dem galvanischen Phänomen in den Organen selbst liege und daß die Metalle sowohl, als auch andere Stoffe, welche bisweilen auch als Glieder der galvanischen Kette auftreten, eine secundäre Rolle dabei spielen. Er vermuthet ein Anwachsen der Wirkung einer Thätigkeit mit der Vergrößerung der Hindernisse, die sie überwinden muß. Um dieses klar zu machen, sei mir gestattet ein Beispiel anzuführen. Oberhalb einer Barriere befindet sich Wasser. Da das Hinderniß letzteres nicht abfließen läßt, sammelt dieses sich an, und erlangt dadurch einen höhern Stand. Endlich wird die Barriere überfluthet, aber je höher sie ist, eine um so stärkere Wirkung wird die Aufstauung ausüben. Humboldt beruft sich auf die Erfahrung, daß man Schießpulver mittelst einer Leydner Flasche nur dann entzünden kann, wenn die Electricität zuerst durch (Hindernisse bietendes) feuchtes Holz gegangen ist, und er nimmt an, daß in den Nerven sich ein Fluidum (ein bewegliches Etwas) entwickele, das er für von dem der Reibungselectricität abweichend hält, weil es verschiedene Gegenstände, wie heißes Glas, die Flamme u. s. w., nicht durchdringen kann, was jedoch letzteres vermag, und daß dieses galvanische Fluidum bei seinem Ueberströmen in andere Körper Hindernisse finde, deren Größe der der Zuckungen entspricht, die daher, wenn es sich um den Uebertritt von einem Metalle zum andern handelt, am bedeutendsten ist. Er lehrte ferner, daß jede galvanische Erscheinung von chemischen Veränderungen begleitet sei, und daß das galvanische Fluidum sich mit den Elementen der Muskelfaser verbinde, wodurch Zersetzungen und Contractionen entstehen. Bei den willkürlichen Muskelbewegungen gehe zu gleicher Zeit mit dem Willen in dem Seelenorgane (dem Gehirne) ein chemischer Proceß vor, wodurch galvanisches

Fluidum abgesehen und in den Nerv geleitet werde. Geht mithin durch einen Act des Willens galvanisches Fluidum auf die Nerven über, so findet gleichzeitig ein chemischer Proceß statt und der betreffende Muskel wird contrahirt, so lange der Uebertritt dauert. Unser Forscher hält es für wahrscheinlich, daß ein chemischer Proceß mit unserm Denken verbunden sei. Doch verwahrt er sich entschieden dagegen, als erkläre er das Denken selbst durch eine Consumtion grober oder feiner Stoffe, weil dieses auf einen Materialismus führen würde, der sich nicht verantworten ließe.

Neben den galvanischen Reizen bestehen wie bei den Pflanzen auch bei den Thieren die durch mechanische und chemische Mittel hervorgerufenen. „Erregbarkeit im weitläufigern Sinne des Ausdrucks bezeichnet (so sagt Humboldt II. 126 u. ff.) die Fähigkeit, durch äußere Einwirkungen verändert zu werden. In diesem Sinne konnten unorganische Stoffe ebenfalls erregbar genannt werden. Flüssigkeiten, in denen geschwefeltes Laugensalz oder gebrannte Kalkerde aufgelöst ist, werden durch das Ozogen oder durch die Kohlenäure der Atmosphäre verändert. Sind sie sorgfältig bereitet, so werden sie von dem Zutritte der kleinsten Quantitäten afficirt.“

„Wird ein unorganischer Stoff A durch eine äußere Beimischung B modificirt, so bringt nachmals ein ähnliches B nicht wieder dieselbe Veränderung in A hervor; wird dagegen die belebte Thier- oder Pflanzenfaser von irgend einem Stimulus afficirt, so tritt eine ähnliche Reizung ein, wenn derselbe Stimulus nach Verlaufe einiger Zeit wieder angewandt wird. Die organische Natur hat die Fähigkeit, sich selbst erregbar zu erhalten. Diese Erhaltung ist es, auf welcher das Leben aller Thier- und Pflanzenstoffe beruht, zu welcher alle chemischen Lebensproceße hinführen, und welche als das wichtigste Object aller physiologischen Untersuchungen zu betrachten ist.“

„Die Erregbarkeit einer Pflanze oder eines Thieres ist nach zwei Beziehungen, der Quantität und Qualität, verschieden. Da beide im Ganzen aus einerlei Stoffen zusammengesetzt, so müssen beide allerdings auch einerlei Ziehkräften folgend, für einerlei Reize empfänglich sein. In der That gibt es kaum eine Substanz, welche auf Thiere oder Pflanzen allein wirkte.“

„Die Fähigkeit, von Reizen afficirt zu werden, hängt von den Bestandtheilen der erregbaren Materie und ihren Ziehkräften gegen die reizenden Stoffe ab. Je weiter diese Bestandtheile von dem Zustande der Sättigung entfernt bleiben, je geringer und leicht zerführbarer das Gleichgewicht ihrer Kräfte ist, je gespannter die Affinitätsverhältnisse sind, desto reizempfindlicher werden sie sich zeigen. Man kann ihren Zustand mit dem gewisser chemischer Auflösungen vergleichen, aus denen bei der geringsten Veränderung der

Temperatur, bei dem schwächsten Zutritte von Sauerstoff oder Kohlensäure die gelöststen Salze oder Metallsalze sich ausscheiden. Nach dieser Vorstellungsart wird erklärlich, wie jede Mischungsveränderung der belebten Materie den Irritabilitätszustand derselben modificiren muß. Wird durch Fleisch- oder Fischnahrung oder durch alkalische Solutionen die Menge des Azots, durch Genuß von Wein oder Kampher die Menge des Hydrogens in dem thierischen Körper vermehrt, so steigt seine Erregbarkeit in eben dem Maße, als Azot und Hydrogen die stärksten Ziehkräfte gegen Sauerstoff, Phosphor, Kohlenstoff und alle andern in die thierische Schöpfung einwirkenden Substanzen äußern. Nimmt mit zunehmendem Alter die Masse der Erdarten in der Faser und den sich ausfüllenden Gefäßen zu, so leidet die Reizempfänglichkeit des Ganzen, weil die Ziehkräfte der Erdarten gegen äußere Reize minder stark als die des Stickstoffes, des Kohlenstoffes oder des Phosphors sind. Dagegen steigt die Erregbarkeit der Organe, wenn die Menge ihrer flüssigen Bestandtheile im Verhältniß zu den festen vermehrt wird. Der Grund dieser Erscheinung liegt wieder in dem Zusammenhange zwischen Reizempfänglichkeit und chemischer Verwandtschaft. *Corpora non agunt nisi fluida*, und je saftreicher der organische thierische und Pflanzenkörper ist, desto leichter wird er von äußern Reizen afficirt, desto schneller erfolgen die chemischen Mischungsveränderungen, welche äußere Stoffe in ihm hervorbringen. Wenige Tropfen Alkohol sind hinlänglich, die gallertartige Baumtremelle wie die Meduse des Meeres zu vernichten. Kein Stoff in der Natur wird erregbar gefunden, welcher nicht aus festen und flüssigen Theilen zusammengesetzt ist. Ein blos starrer Körper könnte allerdings eine organische Aneinanderreihung seiner Elemente zeigen. Aber die chemischen Lebensprocesse, durch welche ein Organ das andere beschränkt (modificirt), durch welche alle den eigentlichen Charakter des Organismus, sich wechselseitig als Zweck und Mittel zu verhalten, äußern, die Empfänglichkeit für Reize, die Fähigkeit, sich selbst erregbar zu erhalten und eine eigene Temperatur zu geben — dieses Alles müßte ihm fehlen.“

„Die Stärke, mit welcher äußere Stoffe (Arznei, Speise) als Reizmittel wirken, hängt von den Affinitäten ab, welche ihren Elementen gegen die der organischen Materie eigenthümlich sind.“

„Die Producte der heißen Klimate, besonders die Erzeugnisse der Tropenvegetation, gehören zu den stärksten und wirksamsten Reizmitteln. Je heißer das Klima, je stärker die verbundenen Reize des Lichtes und der Wärme auf die Pflanzen einwirken, desto thätiger ist die Pulsation der Gefäße, desto kräftiger sind die Verrichtungen der Nutrition, Respiration und Secretion, desto lebhafter werden die Lebensprocesse überhaupt vollendet. Hängt es nun von allen diesen

Functionen ab, daß der Pflanzenkörper dem ewigen Streben der einwirkenden Reize, ihn durch Sättigung unerregbar zu machen, glücklich entgegengesämpft, so erhellet von selbst, daß die einzelnen Theile dieses Pflanzenkörpers um so reizender (ägender) sein müssen, je energischer jene Functionen vollbracht werden. Freilich erzeugen sich eben diese wirksamen Mischungen einzeln auch in dem gemäßigten Himmelsstriche; was aber bei uns die organischen Kräfte nur in wenigen Gattungen hervorbringen, das ist in der Tropenwelt durch ganze und zahlreiche Familien verbreitet. Aehnliche Betrachtungen lassen sich über die Medicinalkräfte der Alpengewächse anstellen.“

Was die Humboldt'schen Arbeiten über die Reizbarkeit besonders auszeichnet, ist, wie bereits erwähnt, die außerordentliche Menge von Versuchen, die darin enthalten sind, und die Frucht davon war nicht nur die Auffindung neuer reizbarer Organe, sondern auch die Bestimmung der Einwirkung einer großen Menge von Reizmitteln, denn vor ihm waren verhältnißmäßig wenige der chemisch-reizenden Stoffe genauer untersucht. In den früheren Systemen, namentlich in dem Brown's, war angenommen, daß ein Reizmittel ein gegebenes Organ zu irgend einer Gegenwirkung veranlasse, es reize, dagegen es bei öfterer Wiederholung in einen Zustand der Unerregbarkeit oder Schwäche versetze, aus dem es entweder gar nicht mehr, oder erst nach einiger Zeit der Ruhe zurückkomme, und in dem es, wenn ja, nur durch Anwendung noch stärkerer Reizmittel noch ein Zeichen der Erregbarkeit gebe. Zwar waren schon Zweifel hiergegen erhoben worden, man hatte die Ansicht ausgesprochen, daß es wohl Mittel geben könne, welche die Reizbarkeit eines Organes herabstimmen können, ohne es vorher überreizt zu haben, doch hat erst Humboldt die Existenz solcher Mittel nachgewiesen. Ich erinnere hier an die bereits oben (S. 29 f.) erwähnte Eigenschaft der Säuren und des Alkohols. Michaelis fand bei Wiederholung der Humboldt'schen Versuche, daß bei abwechselnder Anwendung von Opiumtinctur und Arsenik die Irritabilität elfmal aufgehoben und wiederhergestellt werden konnte.

Schon seit den frühesten Zeiten der Naturwissenschaften war man gewohnt, irgend einen materiellen Stoff als das Triebrad der Maschine der organischen Wesen zu betrachten; Aether, Luft, Wärme u. s. w. theilten sich abwechselnd in diese Rolle. Als nun 1770 Priestley den Sauerstoff entdeckte und man bald darauf die große Bedeutung desselben im Haushalte der organischen Körper fand, war es ganz natürlich, daß man in diesem Gase den Regulator der Hauptthätigkeit, der Reizbarkeit, zu erkennen glaubte, was auch viel dazu beigetragen haben mag, ihm den Namen *Lebensluft*

zu geben. Wir finden in der oben angeführten Theorie Girtanners diese Ansicht ausgebildet; wenn dieselbe aber auch viele und gewichtige Anhänger zählte, so war sie doch darum nicht die alleinige, denn es wurden auch Stimmen laut, welche sich weigerten, den Sauerstoff als den alleinigen Lebenserhalter anzuerkennen. Auch Humboldt ist unter diesen, denn er erkennt zwar an, daß der Sauerstoff als ein sehr wichtiges Reizmittel zu betrachten sei, er verwahrt sich dagegen ausdrücklich davor, ihn als Anfang und Ende alles Lebens hinzustellen. Die Grundlage seines Systems ist das Zusammenwirken aller der Stoffe, welche die organischen Körper zusammensetzen, auf einander, zum Unterschiede von der alleinigen Wirkung des Sauerstoffs auf die gesammten übrigen. Diese Grundlagen, die wohl von keinem andern Forscher vor Humboldt mit solcher Klarheit und Bestimmtheit ausgesprochen wurden, wie wir es in den oben angeführten Sätzen sehen, entspricht auch den Ansichten des größten Theiles der heutigen Naturforscher. Auch die galvanischen Erscheinungen reducirt Humboldt auf chemische Wirkungen, während er die Theorie Volta's, nach der dieselben aus der Verührung abzuleiten sind, nicht annimmt. Seine Ansichten und Versuche wurden von vielen Deutschen, sowie auch von einer, von dem Nationalinstitut zu Paris eigens mit Untersuchung der galvanischen Erscheinungen beauftragten Commission wiederholt und bestätigt; doch widersprach ihnen Pfaß, ein eifriger Anhänger der Contactlehre, da sie auf zu viele Hypothesen gegründet seien. Im Jahre 1799, also nach Veröffentlichung des Humboldt'schen Werkes, entdeckte Volta, daß man die galvanischen Erscheinungen mit aus je zwei verschiedenen Metallen bestehenden Plattenpaaren, die nur durch einen nassen Körper von einander getrennt sind, mit dem Apparate, der unter dem Namen der Volta'schen Säule bekannt ist, in viel stärkerem Maße erzielen könne, und daß es möglich sei, sie mit gänzlicher Umgehung reizbarer Stoffe zu erhalten. Nun ging es von Entdeckung zu Entdeckung, und darüber wurde die physiologische Erklärung des Phänomens, der auch Humboldt sich zugeneigt hatte, gänzlich in den Hintergrund gedrängt, denn in den Ketten war gar kein organischer Körper mehr enthalten. Nicht so ganz ging die Theorie Humboldt's verloren, daß die chemischen Einwirkungen bei dem Galvanismus, wie die Gesammtheit der Erscheinungen noch immer heißt, eine hervorragende Rolle spielen. So z. B. erklärte sich Ritter für die chemische Theorie, und in den dreißiger Jahren des gegenwärtigen Jahrhunderts entspann sich ein lebhafter Streit zwischen den ersten Notabilitäten der Physik, von denen die einen, wie de la Rive, Faraday, behaupteten, es gebe keine galvanische Wirkung

ohne chemische Proceſſe, während Paſſſ, Fechner u. ſ. w. der Contacttheorie treu blieben. Dieſer Streit, der übrigens ſehr viel zur Bereicherung der Wiſſenſchaft beitrug, da jede Partei, um ſich den Sieg zu verſchaffen, eine Menge von Thatſachen entdeckte, hat nunmehr ziemlich geendet, und es iſt jetzt anerkannt, daß es rein durch Contact wirkende Säulen (die Zamboniſche) gibt, daß aber ohne chemiſche Wirkung die Thätigkeit der Säulen nur eine äußerſt unbedeutende iſt.

Auch die galvaniſche oder phyſiologiſche Seite der Humboldtiſchen Theorie, die längere Zeit ganz darnieder lag, iſt wieder aufgelebt. Während man längere Zeit nur angenommen hatte, die elektriſchen Ströme bringen phyſiologiſche Wirkungen hervor, hat ſich gezeigt, daß die letzteren auch Ströme verurſachen können. Zuerſt fand man dieſes an den elektriſchen Fiſchen,<sup>1</sup> deren wirkendes Organ ganz den Volta'ſchen Säulen analog conſtruirt iſt. Nobili hat nachgewieſen, daß auch an lebenden und an friſch getödteten Fröſchen Ströme exiſtiren. Dubois-Reymond endlich hat gefunden, daß der Froſchſtrom nur einer der unzähligen elektriſchen Ströme iſt; welche in allen Theilen des Nervenſystems und der Muskeln aller Thiere vorkommen; er hat ferner gezeigt, daß dieſe Ströme in dem Augenblicke beſtimmte Veränderungen erleiden, wo im Nerv der die Bewegung und Empfindung vermittelnde Vorgang ſtattfindet, und in Folge davon der Muskel contractirt wird. Er wies das Entſtehen eines Stromes bei der freiwilligen Zuſammenziehung des Muskels auch am ganz gefunden Körper nach.

Wir ſehen hier, daß die ſchon längſt todtgeglaubte Theorie Humboldt's ein halbes Jahrhundert nach ihrer Veröffentlichung eine glänzende Beſtätigung erlebte, und wenn auch der große Mann, aus Mangel an Hülfsmitteln, welche der neueren Zeit Dank den früheren Entdeckungen zu Gebot ſtehen, ſeine Sätze nicht beweifen konnte, ſo müſſen wir doch den Seherblick bewundern, der ſeiner Zeit um ſo viele Jahre vorausſah.

Die Theorie Humboldt's, nach welcher er die galvaniſchen Erſcheinungen durch Hinderniſſe erklärte, welche dem galvaniſchen Fluidum auf ſeinem Wege entgegengeſetzt werden, iſt jetzt verlaſſen; man nimmt an, daß die galvaniſchen Erſcheinungen bei geſchloſſenen Ketten dadurch hervorgerufen werden, daß die zwei ſich entgegengeſetzten Elektricitäten in entgegengeſetzter Richtung die einzelnen Glieder der Kette durchziehen, Ströme bilden, wie ſie ſchon Volta angegeben hat. Humboldt ſcheint auf ſeine Theorie vorzugsweiſe durch den oben erwähnten Verſuch (Nerv PP), bei welchem ohne

1) Humboldt hat den in Südamerika lebenden Zitteraal zu ſeinen Unterſuchungen benutzt.

daß das letzte Metall P mit dem Nerv in Verbindung steht, ohne daß also die Kette geschlossen ist, ein Zucken des Frosches eintritt, geführt worden zu sein. Grade dieser Versuch läßt sich durch keine der gegenwärtig herrschenden Theorien erklären, denn sie alle besprechen nur die Erscheinungen der geschlossenen Kette, und es läßt sich nicht sagen, ob nicht die Humboldt'sche Theorie in irgend einer Modification wieder zu Ehren kommt.

### Die Lebenskraft.

Daß zwischen organischen und nicht organischen Körpern ein sehr bedeutender Unterschied sei, kann wohl keinem Zweifel unterliegen; nichts desto weniger ist es eine äußerst schwierige Aufgabe, zu bestimmen, worin denn eigentlich dieser Unterschied bestehe, was ihn verursache. Man kann wohl sagen, der Stein gebe bei seiner mechanischen Verkleinerung Bruchstücke, die sich von dem Ganzen nur dadurch unterscheiden, daß sie kleiner sind, als dieses war, was bei Pflanzen und Thieren nicht der Fall ist, und die Vergrößerung des Steines sei durchaus abhängig von der Zahl der einzelnen kleinen Theilchen, die sich von außen nach und nach an ihn anlegen, während die Vergrößerung der organischen Geschöpfe von innen heraus in der Weise vor sich geht, daß hier Theilchen, die ursprünglich an einer ganz anderen Stelle des Körpers sich befunden hatten, endlich da oder dort abgelagert werden, und daß ein Theil des Geschöpfes, ein Organ, einem oder einer Gruppe von aufgenommenen Stoffen eine andere Gestalt, andere Eigenschaften gebe, als sie vorher hatten, und sie in dieser neuen Form dem andern Organe zuführe; allein damit bleibt die Hauptfrage unerörtert, die Hauptschwierigkeit umgangen, die, was an allen diesen Vorgängen Ursache sei.

Je nach dem jeweiligen Zustande der Naturwissenschaften wurde in früheren Zeiten bald diese, bald jene Ursache angenommen, welche diesen Unterschied verursachen sollte. Aristoteles behauptete, wie Humboldt zeigt, daß aus der Luströhre Aether oder Geist, oder Luft in das Herz komme, daß das Blut sich mit dem Pneuma verbinde, es durch den ganzen Körper verbreite und diesen ernähre und daß nicht in den Thieren allein, sondern auch in den Pflanzen, in der ganzen organischen Natur dasselbe belebende Princip verbreitet sei. Cicero nahm an, daß jedes organische Geschöpf durch die ihm inwohnende Wärme lebe.

So wechselten die Ansichten fortwährend; doch kam, so lange die Naturwissenschaften auf einer so niedrigen Stufe standen, die ganze Frage eigent-



lich nie über die Vermuthungen hinaus, und erst, als die Chemie in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts so riesenhafte Fortschritte machte, konnte man im Ernste an die Lösung des Problems gehen, eine Arbeit, deren Ende jedoch zur Zeit noch immer nicht abzusehen ist, weshalb wir auch jetzt noch den sich widersprechendsten Ansichten begegnen. In der Mitte des vorigen Jahrhunderts war man geneigt, den Proceß der organischen Welt als ein rein mechanisches Problem hinzustellen, wie z. B. Hales die ganze Säftebewegung der Pflanzen durch die Vereinigung von Verdunstung durch die Blätter, und Haarröhrenanziehung erklärte. Als am Ende des Jahrhunderts die Chemie der organischen Substanzen sich gänzlich änderte, wurden alsbald Anwendungen der bei diesen erkannten chemischen Kräfte auf Thiere und Pflanzen gemacht.

Virtanner, dessen Ansichten bereits oben dargestellt wurden, erklärte sich dafür, daß der Sauerstoff und seine Wirkungen die Grundlage aller Lebenshätigkeit, welche er nur in der Reizbarkeit suchte, sei. Humboldt faßte die Frage zunächst vom Standpunkte der Chemie auf, und in diesem Felde waren ihm wohl wenige der damaligen Gelehrten, die sich mit Lösung unserer Aufgabe befaßten, gleichzustellen.

Er theilt in seinen Aphorismen die sämmtlichen Naturkörper in zwei Klassen, in solche nämlich, die den Gesetzen der chemischen Verwandtschaft gehorchen, und solche, die, frei von diesen Banden, auf mancherlei Art mit einander verbunden sind. Diese Verschiedenheit scheint ihm nicht sowohl in den Elementen selbst und in ihrer natürlichen Beschaffenheit, als vielmehr in ihrer Vertheilung zu liegen, und er nennt träge, unbelebte Materie diejenige, deren Bestandtheile nach den Gesetzen der chemischen Verwandtschaft gemischt sind, belebte und organisirte Körper dagegen diejenigen, welche, des ununterbrochenen Bestrebens ihre Gestalt zu ändern ungeachtet, durch eine gewisse innere Kraft verhindert werden, ihre erste ihnen eigenthümliche Form zu verlassen. Die innere Kraft, welche die Bande der chemischen Verwandtschaft auflöst und die freie Verbindung in den Körpern hindert, nennt er die Lebenskraft.

Diese Sätze lassen sich leicht durch ein Beispiel klar machen. Gesezt, wir haben gebrannten Kalk und Kohlensäure, so verbinden sie sich zu einem Körper, dem kohlensauren Kalle, der, einmal gebildet, sich für sich nicht mehr ändert; wenn man ihm aber Salpetersäure zufügt, so bemächtigt sich diese des Kaltes, bildet mit ihm salpetersauren Kalk und die Kohlensäure entweicht. Auch der salpetersaure Kalk bleibt, was und wie er ist, schüttet man aber Schwefelsäure hinzu, so wird diese den Kalk an sich nehmen, um mit

ihm Gyps zu bilden, und nun läßt sich durch Anwendung von Wärme die Salpetersäure ausscheiden. Würde man statt des Kalkes etwa Kali, Natron u. s. w. genommen haben, so würde die Reihenfolge von Erscheinungen dieselbe gewesen sein, und es folgt daraus, daß Schwefelsäure vom Kalk stärker angezogen werde als Salpetersäure, und diese wieder stärker als die Kohlen- säure, oder um es nach der chemischen Sprache zu bezeichnen, daß die Ver- wandtschaft der Schwefelsäure zu Kalk größer sei, als die der Salpetersäure. Die Ursache, warum diese Verwandtschaft größer sei, wissen wir allerdings nicht; aber die Erfahrung lehrt uns dieselbe kennen, und die Reihenfolge von Vorgängen bleibt dieselbe, so oft wir auch den Versuch wiederholen. Ganz anders ist es, wenn wir einen organischen Körper der Betrachtung unterziehen. Ein Stück Muskelfleisch bleibt ein solches, so lange das Thier lebt, sowie aber der Tod eingetreten ist, so bleibt das Fleisch nicht für sich bestehen, wie der kohlen- saure Kalk oder der Gyps, sondern es tritt eine Ver- änderung in der Weise ein, daß die einzelnen Bestandtheile sich anders grup- piren: das Fleisch zerlegt sich, es fault, und erst die Producte, die aus der Fäulniß hervorgehen, sind wieder für sich bestehend und verhalten sich, wie die an den ursprünglich leblosen Körpern erkannten Verwandtschafts- gesetze es erheischen. Daß das Muskelfleisch während des Lebens als solches bestehen konnte, daran ist die Lebenskraft Schuld, und daß hier die Gesetze der che- mischen Verwandtschaft nicht gelten, zeigt uns das gänzlich andere Verhalten nach dem Tode. Die Lebenskraft ist eine Thätigkeit, welche mit dem Ent- stehen des organischen Körpers beginnt, mit seinem Tode erlischt; sie steht über den chemischen Kräften, denen allein die Mineralien gehorchen. Sie spielt in gewissem Sinne die Rolle einer Haushälterin, die ihres Zweckes, das organische Geschöpf als ein selbständiges Ganzes der übrigen Natur gegenüber zu stellen, sich bewußt, die Materialien; welche sie zum Aufbau desselben bedarf, aus den vorhandenen Stoffen nicht nur schöpft, sondern auch auswählt, und damit nach eigenem Gutdünken, unbekümmert um die chemischen Gesetze, die nur in sehr untergeordneter Weise ihr Recht behaupten, schaltet und waltet. Sie bringt die Stoffe dahin, wo es ihr angemessen ist, läßt Wirkungen eintreten und hebt sie wieder auf. Dadurch, daß sie bald in dieser, bald in jener Weise thätig ist, unterscheidet sie sich strenge von den physikalisch-chemischen Kräften, die immer in derselben Weise wirken, und der unter ihrer Herrschaft befindliche Körper hört, so lange sie dauert, auf, ein Object der reinen Physik oder Chemie zu sein.

Die Idee der Lebenskraft, deren Wesen Humboldt in den Aphorismen als einfachen Lehrsatz hingestellt, finden wir von ihm in

poetischem Kleide wiederholt in dem Aufsatze „Der Rhodische Genius“ in den Horen.

Seit langer Zeit besaßen die Syrakuser ein Gemälde, dessen Ursprung man nicht wußte, denn es war aus einem gestrandeten Schiffe gerettet, dessen Waaren darauf schließen ließen, daß es aus Rhodus komme. Obwohl kein Mensch sagen konnte, was es eigentlich vorstelle, zog das Bild dennoch die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich. Im Vordergrund des Gemäldes sah man Jünglinge und Mädchen in eine dichte Gruppe zusammengedrängt. Sie waren ohne Gewand, wohlgebildet, ihr Gliederbau, welcher Spuren mühevoller Anstrengung trug, der menschliche Ausdruck ihrer Sehnsucht und ihres Kummers, Alles schien sie des Himmlischen oder Götterähnlichen zu entkleiden, und an ihre irdische Heimath zu fesseln. Ihr Haar war mit Laub und Feldblumen geschmückt. Verlangend streckten sie die Arme gegen einander aus, aber ihr ernstes Auge war nach' einem Genius gerichtet, der, von lichthem Schimmer umgeben, in ihrer Mitte schwebte. Ein Schmetterling saß auf seiner Schulter, und in der Rechten hielt er eine lodernde Fackel.

Ein anderes Schiff brachte einst verschiedene Kunstschätze aus Griechenland und unter diesen ein Bild, das nach Größe und Ausführung ein offenes Gegenstück zu dem vorerwähnten war. Der Genius stand ebenfalls in der Mitte, aber ohne Schmetterling, mit gesenktem Haupte, die erloschene Fackel zur Erde gelehrt, der Kreis der Jünglinge und Mädchen stürzte in mancherlei Umarmungen gleichsam über ihm zusammen. Ihr Blick war nicht mehr trübe und gehorchend, sondern kündigte den Zustand wilder Entfesselung, die Befriedigung lang genährter Sehnsucht an.

Auf Befehl des Tyrannen Dionysius wurden beide Bilder dem Philosophen Epicharmus gebracht, damit dieser seine Ansicht darüber ausspreche und diese war folgende: „Wenn der Unterschied der Geschlechter lebendige Wesen wohlthätig und fruchtbar an einander kettet, so wird in der unorganischen Natur der rohe Stoff von gleichen Trieben bewegt. Schon im dunkeln Chaos häufte sich die Materie und mied sich, je nach dem Freundschaft oder Feindschaft sie anzog oder abstieß. Das himmlische Feuer folgt den Metallen, der Magnet dem Eisen, das geriebene Electrum bewegt leichte Stoffe, Erde mischt sich zur Erde, das Kochsalz gerinnt aus dem Meere zusammen, und die Säure der Styptarie (Schwefelsäure) strebt sich mit dem Thone zu verbinden. Alles eilt in der unbelebten Natur sich zu dem Seinen zu gesellen. Kein irdischer Stoff ist daher irgendwo in Einfachheit und reinem, jungfräulichem Zustande zu finden. Alles eilt von seinem Entstehen an zu neuen Verbindungen, und nur die scheidende Kunst des Menschen kann

ungepaart darstellen, was Ihr vergebens im Innern der Erde und in dem beweglichen Wasser- und Lufteceane suchtet. In der todten unorganischen Materie ist träge Ruhe, so lange die Bande der Verwandtschaften nicht gelöst werden, so lange ein dritter Stoff nicht eindringt, um sich den vorigen beizugesellen. Aber auch auf diese Störung folgt wieder unfruchtbare Ruhe.“

„Anders ist die Mischung derselben Stoffe im Thier- und Pflanzenkörper. Hier tritt die Lebenskraft gebieterisch in ihre Rechte ein; sie kimmert sich nicht um die demokritische Freundschaft und Feindschaft der Atome, sie vereinigt Stoffe, die in der unbelebten Natur sich ewig fliehen, und trennt, was in dieser sich unaufhaltsam sucht.“

„Tretet näher um mich her, meine Schüler, und erkennet im Rhodischen Genius, in dem Ausdrucke seiner jugendlichen Stärke, im Schmetterlinge auf seiner Schulter, im Herrscherblicke seines Auges das Symbol der Lebenskraft, wie sie jeden Keim der organischen Schöpfung befeelt. Die irdischen Elemente zu seinen Füßen streben gleichsam ihrer eignen Begierde zu folgen, und sich mit einander zu mischen. Befehlend droht ihnen der Genius mit aufgehobener, hochlobernder Fackel, und zwingt sie, ihrer alten Rechte ungedenkend seinem Gesetze zu folgen.“

„Betrachtet nun das neue Kunstwerk, welches der Tyrann mir zur Auslegung gesandt, richtet eure Augen vom Bilde des Lebens ab auf das Bild des Todes. Aufwärts weggeflogen ist der Schmetterling, ausgelobert die umgekehrte Fackel, gesenkt das Haupt des Jünglings. Der Geist ist in andere Sphären entwichen, die Lebenskraft erstorben. Nun reichen sich Jünglinge und Mädchen fröhlich die Hände. Nun treten die irdischen Stoffe in ihre Rechte ein. Der Fesseln entbunden folgen sie wild, nach langer Entbehrung, ihrem geselligen Triebe und der Tag des Todes wird ihnen ein bräutlicher Tag. So ging die todte Materie von Lebenskraft befeelt durch eine zahllose Reihe von Geschlechtern und derselbe Stoff umhüllte vielleicht den göttlichen Geist des Pythagoras, in dem vormals ein dürftiger Wurm im augenblicklichen Genuß sich seines Daseins freute.“

Sehen wir Humboldt in seinen ersten Schriften als Anhänger einer eignen Lebenskraft, so zeigt sich bald eine gänzliche Aenderung seiner Ansichten hierüber, als Folge seiner Arbeiten über die gereizte Muskel- und Nervenfasern, denn im zweiten Bande dieses Werkes gibt er eine Theorie, die von der vorigen völlig abweicht. Nachdem er die Einwirkung der Reizmittel untersucht und gefunden hatte, daß jedes eine größere oder geringere physikalische oder chemische Aenderung der gereizten Organe zur Folge habe, schließt er, daß das ganze Leben eine ununterbrochene Folge von Reizungen sei und

die durch die chemischen Gesetze eingeleiteten Verbindungen nur darum nicht eintreten können, weil sie durch beständige Gegenwirkung aufgehalten werden, und daß mit dem Aufhören dieses Processes der Tod und mit ihm die Fäulniß eintrete.

„Woher nun,“ sagt er (Versuche u. s. w. II. 451), „dieser Wechsel der Erscheinungen, dies Verschwinden des organischen Gewebes, diese eintretende Fäulniß? Warum zeigen sich auf einmal chemische Ziehkräfte wirksam, welche vorher aufgehoben schienen? Diese Veränderung kann meiner jetzigen Einsicht nach in dreierlei Ursachen gegründet sein. Die willkürliche Muskelbewegung und andere physiologische Erscheinungen lehren uns, daß etwas Außerstinnliches, Vorstellungen, auf die Materie wirken, ja die relative Lage der Elemente modificiren könne. Es ist daher denkbar, daß etwas Außerstinnliches (eine Vorstellungskraft) die Grundkräfte der Materie im Gleichgewicht hält, und die chemischen Affinitäten der Stoffe, welche bloß von jenen Grundkräften der Anziehung und Abstoßung abgeleitet sind, während des Lebens anders determinire, als wie sie sich uns in der toten Natur offenbaren. Es ist aber auch eben so denkbar, daß der Grund jenes innern Gleichgewichts in der Materie selbst liegt und zwar in einem unbekanntem Elemente, welches der belebten Thier- und Pflanzenschöpfung ausschließend eigenthümlich ist, und dessen Beimischung die Affinitätsgesetze ändert; oder in dem Verhältnisse, daß in einem Aggregat thätiger Organe jedes derselben dem andern perpetuirlich neue Stoffe abgibt, wodurch die älteren (im ewig erneuerten Spiel zusammengesetzter Affinitäten) gehindert werden, den Sättigungspunkt zu erreichen, zu dem sie bei der größern innern Ruhe der toten Natur ungehindert gelangen. In dem tiefen Dunkel, welches noch über dem Mischungszustand der organischen Materie schwebt, scheint es mir vorsichtiger, von den ersten beiden Annahmen zu schweigen, so lange die letztere uns eine Aussicht gewährt, physische Erscheinungen nicht nur physisch, sondern auch ohne Zuflucht zu einer unbekanntem Materie zu erklären. Wenn ich daher ehemals in den Aphorismen aus der chemischen Physiologie der Pflanzen die Lebenskraft als die unbekanntem Ursache betrachtete, welche die Elemente hindert, ihren natürlichen Ziehkräften zu folgen, so glaube ich in diesem Satze ein Factum ausgedrückt zu haben, welches ich nach meinen jetzigen Einsichten keineswegs für erwiesen halte. Ich füge diese Erklärung um so ausdrücklicher bei, da mir meine Definition der Lebenskraft, die seit 4 Jahren in so viele andere zum Theil wichtige Lehrbücher übergegangen ist, in den Schriften der Herren Keil, Beit, Kermann und Köschlaub gründlich und scharfsinnig widerlegt zu sein scheint.“

„Wage ich es daher nicht, eine eigene Kraft zu nennen, was vielleicht bloß durch das Zusammenwirken der im Einzelnen längst bekannten materiellen Kräfte bewirkt wird, so glaube ich dagegen aus den chemischen Verhältnissen der Elemente eine desto sicherere Definition belebter und un- belebter Stoffe deduciren zu können. Eine solche Definition ist unstreitig ein großes Bedürfniß der beschreibenden Naturkunde, da alle Kriterien, die man von der faserartigen Aneinanderreihung der Grundstoffe, von willkürlicher Bewegung, von dem Umlauf flüssiger Theile in festen, und von der innern Aneignung hernimmt, theils allzu verwickelt, theils unbefriedigend sind.“

„Belebt nenne ich denjenigen Stoff, dessen willkürlich getrennte Theile nach der Trennung unter den vorigen äußeren Verhältnissen ihren Mischungszustand ändern.“

„Das Gleichgewicht der Elemente in der belebten Materie erhält sich nur so lange und dadurch, daß dieselbe Theil eines Ganzen ist. Ein Organ bestimmt das andere, eines gibt dem andern die Temperatur, in welcher diese und keine andern Affinitäten wirken. Ein Metall oder ein Stein kann zertrennt werden, und bleiben die äußern Bedingungen dieselben, so werden die zertrennten Stücke auch die Mischung behalten, welche sie vor der Trennung hatten. Nicht so jedes Atom der belebten Materie, es sei starr oder tropfbar-flüssig. Die gegebene Definition schließt sich unmittelbar an die Idee des unsterblichen Denkers an, daß im Organismus alles wechselseitig Mittel und Zweck sei.“

„Die Schnelligkeit, mit welcher organische Theile ihren Mischungs- zustand ändern, ist sehr verschieden; das Blut der Thiere erleidet frühere Umwandlungen als der Saft der Pflanzen. Schwämme faulen leichter als Baumblätter, Muskelfleisch leichter als Cutis. Knochen, Haare, Holz der Gewächse, Fruchtschalen und Federkronen (welche ich ehemals irrig für völlig unorganisch erklärte) nähern sich schon im Leben dem Zustande, welchen sie nach ihrer Trennung vom Ganzen zeigen. Man darf daher wohl das Gesetz feststellen: daß, je höher der Grad der Vitalität oder Reizfähig- keit eines belebten Stoffes ist, desto auffallender oder schneller der Mischungs- zustand nach der Trennung geändert wird.“

„Eben diese Ideen führen uns einem der schwierigsten Begriffe der Physiologie, dem Begriff der Individualität zu. Da wir nichts von den Bedingungen wissen, unter denen ein Aggregat von Materie mit einer oder mehreren Vorstellungskräften verbunden sein kann, so reden wir hier nicht von der Individualität als Object einer empirischen Psychologie,

sondern als Object der empirischen Naturwissenschaft. Trennen wir eine *Tania*, eine *Nais*, einen *Cactus Opuntia* der Länge nach, so lebt kein Theil fort, jeder verändert seinen Mischungszustand und fault. Durchschneiden wir diese zusammengesetzten Geschöpfe aber der Quere nach in den Gliedern, oder Blattabsätzen, so leben die Theile fort und behalten dieselbe Mischung, welche sie vor dem Durchschneiden hatten. Diese Erfahrung stößt die eben aufgestellte Definition von den belebten und un- belebten Stoffen nicht um. Sie beweist vielmehr, daß nicht jede nach Willkür vorgenommene Trennung das Gleichgewicht der Elemente erhält. Wo dagegen eine solche vor der Mischungsveränderung schützende Trennung möglich ist, da ist das Dasein eines zusammengesetzten Geschöpfes erwiesen, da gibt es mechanisch verbundene (d. h. zusammenhängende) Organe, welche sich nicht unbedingt wechselseitig wie Mittel und Zweck verhalten. Wir haben hier ein Kriterium der Individualität, aber be- weitem kein vollständiges. Wir berufen uns auf ein Experiment, dessen Gelingen beweisend ist, dessen Mißlingen aber keineswegs für die Ein- fachheit entscheidet. Das Fortpflanzen der Vegetabilien durch Blätter lehrt uns, daß der Lorberbaum ein eben solches Aggregat von Individuen als der *Cactus* sei. Dagegen gelingt es nicht, aus den getrennten Blättern des *Cerastium* Zweige treiben zu sehen, unerachtet die Lücke vom Lorber- baum bis zu diesem Pflänzchen herab durch eine Kette ähnlicher Bildungen ausgefüllt wird!“

Ich habe mich bei diesen Sätzen länger aufgehalten, weil sie einen Blick auf die Ansichten Humboldt's über eine in neuerer Zeit vielfach besprochene Frage gestatten, denen er auch später treu geblieben zu sein scheint, wenigstens hat er sich nie mehr zur Lebenskraft bekannt und noch in dem Abdrucke des Rhodischen Genius in den „Ansichten der Natur“ (3. Auf- lage. II. 309) die vorstehenden Sätze dem Wesen nach wiederholt. Gegen- wärtig theilen sich die Naturforscher in zwei Partheien, wovon die eine das ganze Leben als eine ununterbrochene Reihe von physikalischen und chemischen Processen, also in derselben Weise betrachtet, wie wir es bei Humboldt im Vorstehenden gesehen haben, während die andere Parthei die Lebenskraft an- nimmt, wie Humboldt in seinen Aphorismen und im Rhodischen Genius.

## Die Ernährung und Respiration der Pflanzen.

Die ursprüngliche Ansicht über die Quellen, aus welchen die Gewächse ihre Nahrung erhalten, war, daß die Pflanzen dieselbe aus dem Boden und dem Wasser ziehen; was sie eigentlich daraus entnehmen, wurde nicht näher angegeben, da ja die Erde selbst als eines der vier Elemente in der Bildung der Pflanzen auftreten konnte, und es sich hier nur um eine Combination der vier Elemente Luft, Feuer, Wasser und Erde handelte. Van Helmont<sup>1</sup> pflanzte im 17. Jahrhundert eine Weide in ein gewogenes Quantum Erde und wog das Ganze nach fünf Jahren wieder. Die Weide hatte beträchtlich zugenommen, die Erde kaum etwas an Gewicht verloren, ohne daß während des Versuches etwas Anderes zugefügt worden wäre als Wasser. Hieraus zog er den Schluß, daß nicht die Erde die Pflanzen nähre, sondern daß diese nur die Trägerin derselben, das Wasser dagegen dasjenige Element sei, welches sämtliche Bestandtheile der Pflanzen, sowohl feste als flüssige, liefere.

Diese Theorie konnte gelten, so lange man die Wirkung des Düngers und der verschiedenen Bestandtheile des Bodens nicht näher berücksichtigte, und solange es sich mit den chemischen Ansichten vertrug, das Wasser auch in brennbare, feste Körper sich verwandeln zu lassen. Als daher der letztere Satz nicht mehr recht gelten wollte, nahmen die Naturforscher, unter denen vorzugsweise Malpighius, Perrault, Mariotte und Gren zu erwähnen sind, an, daß die im Regenwasser und in der Erde enthaltenen Salze die Nahrungsmittel der Pflanzen abgeben und durch Gährungen, das Lieblingemittel der Chemiker aus dem Ende des 17. Jahrhunderts, die Um-

---

1) Ort. Medicin. 30.



wandlung in Pflanzensubstanz erleiden. Dabei blieb es längere Zeit; theils war die Chemie vor hundert Jahren noch zu weit zurück, um mit Erfolg angewandt werden zu können, theils war die Aufmerksamkeit der Botaniker auf andere Gegenstände gerichtet, denn damals war das goldene Zeitalter der systematischen Botanik, und ihre Meister sahen mit einer gewissen Geringschätzung auf diejenigen, die sich mit dem Studium der Pflanzenphysiologie beschäftigten.

Um das Jahr 1750 beobachtete *Bonnet*, daß, wenn man Blätter in frisches Wasser legt, am Tage sich auf denselben eine Menge von Luftbläschen zeige, die bei dem Eintritte der Dunkelheit wieder verschwinden. In ausgekochtem Wasser entstanden keine Blasen, und ebenso, wenn die Blätter schon einige Tage in Wasser waren. Da sich *Bonnet* die Erscheinung dahin erklärte, daß diese Luft diejenige sei, welche sich mechanisch in jedem Zellgewebe und in den Gefäßen befindet, so wurde dem Versuche eine weitere Aufmerksamkeit nicht geschenkt. Als aber im Jahre 1771 *Priestley* Pflanzen unter Glasglocken wachsen ließ, fand er, daß diese das Vermögen haben, eine unreine Luft wieder zu reinigen, und daß sie sogar in einer verdorbenen Luft besser gedeihen als in einer andern; er fand, daß jene Blasen eine andere Luft seien, als die atmosphärische, eine reinere, mehr dephlogistisirte oder nach der jetzigen Theorie und Benennung eine sauerstoffreichere. Da hier unter dem Namen *verdorbene Luft* solche verstanden wird, die, nachdem sie einige Zeit das Athmen oder Brennen unterhalten, hierzu ferner nicht mehr tauglich ist, so eröffnete sich dadurch ein weiter Blick in den Haushalt der Natur, und *Pringle* stellte im November 1773 in seiner Rede, die er vor der k. Gesellschaft der Wissenschaften in London hielt, den Satz auf, daß die Pflanzen, indem sie die durch Athmen verdorbene Luft reinigen, sich dadurch auch ernähren, während sie selbst wieder den Thieren als Futter dienen, und daß folglich die beiden Naturreiche sich gegenseitig bedingen, da die Thiere die Luft durch ihr Athmen phlogistisiren, während die Pflanzen die Dephlogistisirung vornehmen, und dadurch sowohl selbst gedeihen, als auch die Luft wieder athembar machen.

Jene Zeit war eine Periode rasch aufeinander folgender Entdeckungen im Gebiete der Chemie, und ihr folgte eine gänzliche Aenderung der Ansichten über die Pflanzenernährung. Während man früher glaubte, die Salze der Pflanze seien in dieser mit dem hypothetischen Phlogiston zu den einzelnen Gewächsorganen verbunden, stellte man bald den Satz auf, daß der Kohlenstoff einen Hauptbestandtheil der Vegetabilien ausmache, und daß dieser aus der Atmosphäre komme, in welche er vermöge der Respiration der

Thiere gelange, die ihn dann durch ihre Nahrung wieder ersetzen müssen, so daß die Respiration der Pflanzen und Thiere nur eine Wanderung des Kohlenstoffs von dem einen Reiche in's andere und in die Luft zur Folge habe.

Der ungetheilte Beifall, den die neue Lehre erhielt, war nicht von langer Dauer, und es zeigte sich bald, daß die Sache nicht so einfach sei, als man sich vorgestellt hatte. Scheele machte die Versuche Priestley's mit Bohnen nach, und beobachtete gerade das Gegentheil von dessen Resultat, da seine Pflanzen Kohlenäure ausathmeten und Sauerstoff aufnahmen, während nach Priestley das Entgegengesetzte hätte eintreten sollen, so daß also nach Scheele der Einfluß der Pflanzenrespiration auf die Atmosphäre derselbe war, wie der des Athmens der Thiere. Priestley wiederholte seine Versuche 1778, und diese hatten einen so ungünstigen Erfolg, daß er bereits wieder gesonnen war, seine ganze Lehre aufzugeben. Da nahm sich Ingenhousz der Sache an, und fand bald, wo der Fehler lag, indem er zeigte, daß bei dem ganzen Vorgange das Licht den größten Einfluß habe, weil in der Sonne die grünen Theile der Pflanzen Kohlenäure einathmen und Sauerstoff abgeben, wie Priestley zuerst angab, während sie im Dunkeln das entgegengesetzte Verhalten beobachteten, wie Scheele gefunden hatte. Die nichtgrünen Pflanzentheile athmen nach Ingenhousz fortwährend Sauerstoff ein und geben Kohlenäure ab. Der ganze Effect wird bei den beiden verschiedenen, sich entgegengesetzten Acten davon abhängen, welcher der bedeutendere ist. Die Kohlenäure besteht aus Kohlenstoff und Sauerstoff. Athmen nun die Gewächse mehr Kohlenäure ein, als sie abgeben, so werden sie einen Theil davon für sich behalten, und indem sie Sauerstoff aushauchen, wird die Kohlenäure zerlegt, der Kohlenstoff, der einen Bestandtheil der Gewächse bildet, muß in ihnen also zunehmen, und die Pflanze wird wachsen. Das Umgekehrte hat den entgegengesetzten Erfolg.

Sollen die Pflanzen aus der Luft Kohlenäure aufnehmen, so muß die Atmosphäre dieses Gas auch in gehöriger Menge enthalten. Lavoisier fand bei seiner Untersuchung der atmosphärischen Luft keine Kohlenäure in derselben, während spätere Messungen darthaten, daß der Kohlenäuregehalt der Luft ein sehr geringer sei, und van Marum neigte sich darum auch der Ansicht zu, daß der Kohlenstoff der Pflanzen aus dem Wasser, das diese aufnehmen, sich absetze, während Hassenfratz zu dem Kohlengehalte des Bodens seine Zuflucht nahm.

Dieses war die Lage der Sache, als Humboldt seine Aphorismen veröffentlichte. Er schließt aus dem Umstande, daß Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff die Bestandtheile aller Vegetabilien sind, darauf, daß diese

auch die Nahrung derselben ausmachen. Wasser und Kohlensäure werden, wie er glaubt, so lange der vegetabilische Körper Lebenskraft besitzt, in ihre Elemente zerlegt, worauf der größere Theil an die Gefäße selbst tritt, also einen Zuwachs der Pflanze ausmacht, während der kleinere abgeschieden und mittelst der Blätter und Würzelchen verdunstet wird. Dagegen widerspricht er der Ansicht von Marum's, daß der Kohlenstoff der Pflanzen aus dem Wasser stamme. Er weist darauf hin, daß durch das Athmen der Säugethiere und Vögel beständig Kohlensäure gebildet und diese auch durch die brennenden Steinkohlensflöze ununterbrochen dem Luftkreise zugeführt werde, in welchem nur darum verhältnißmäßig so wenig davon gefunden werde, weil die Pflanzen den Zuschuß alsbald wieder wegnehmen; je nach Umständen, die von der Localität und der Witterung abhängen, finde man  $\frac{1}{64}$  bis  $\frac{1}{10}$  Kohlensäure in der Luft, dieselbe sinke wegen ihrer größeren Schwere auf die grünende Erde herab und dringe verbunden mit Wasser in die Pflanzen ein. Außerdem wachsen alle Vegetabilien um so langsamer, je größer ihr Bedarf an Kohlenstoff sei. Er fand, Ingenhouß entgegen, daß die Pflanzen auch beim Lampenschein grünen und Sauerstoff ausathmen. Die Kohlensäure, welche Saussure auf den höchsten Bergen der Alpen gefunden hatte, hält er für in den Wasserdünsten aufgelöst und mit ihnen in die Höhe gestiegen.

Besonders bemerkenswerth ist, was Humboldt von der Aufnahme fester Stoffe durch die Pflanzen sagt. Er gibt an, daß er nicht gewagt habe, zu den Nahrungsmitteln aller Pflanzen auch Erde (Aschenbestandtheile) zuzusetzen, da alle Byssus und mehrere Octospora und Peziza nichts davon enthalten, wie er durch Versuche gefunden habe, während andere, namentlich Kryptogamen, eine sehr große Menge Kalkerde mit sich führen. Diese Beobachtung wurde lange vernachlässigt und erst v. Liebig hat in seiner Agriculturchemie den Satz aufgestellt, daß die Pflanzen je nach ihrer speciellen Verschiedenheit verschiedene Mengen dieser oder jener anorganischen Substanz zu ihrer Ausbildung nöthig haben, und hat hierauf die Lehre von der Einwirkung der Bodenarten auf die Vegetabilien gegründet. Humboldt kommt in seiner Einleitung zu dem Ingenhouß'schen Werke: „Ueber die Ernährung der Pflanzen“, (übersetzt von Fischer), hierauf zurück und zählt die Erde zu den wahren Nahrungsmitteln der Gewächse. Er sagt (S. 30) „Einer Pflanze (Chara), in deren Mischung wir immer Kalkerde finden, ist die Gegenwart dieser Erde gewiß ebenso wesentlich, als die des Kohlenstoffs oder des Hydrogens. Unter wesentlichen Bestandtheilen gibt es keine Rangordnung, und mit den Fortschritten der Scheidekunst werden wir die Wirk-

ungsart mancher Elemente erkennen, welche jetzt gleichsam isolirt in der Kette der Dinge stehen. Wir wissen freilich noch nichts von den Ziehkraften der Erdbarten gegen den Sauerstoff, Kohlenstoff oder Wasserstoff, aber wir dürfen vermuthen, daß in zusammengesetzten Verwandtschaften (deren Spiel in allen vitalen Functionen thätig ist) Elemente auf einander einwirken, die in einfachen Verwandtschaften sich unzerlegt lassen.“

Den Versuchen mit grünen Pflanzen hat Humboldt solche mit Schwämmen zugesellt, und hier ein von jenen ganz abweichendes Verhalten gefunden, denn diese hauchen keinen Sauerstoff, sondern Wasserstoff aus, zerlegen also das von ihnen aufgenommene Wasser in seine Bestandtheile, von denen sie den einen, Sauerstoff, für sich behalten. Sie nehmen dagegen den Kohlenstoff aus der Kohlen säure auf, welche in den Grubenwassern sich aufgelöst findet.

Als Stoffe, welche von den Pflanzen ausgeschieden werden, bezeichnet er außer den Luftarten noch wässerige Dünste, ätherisches Del und schleimige Masse. Die Ausscheidung erfolgt durch dieselben Organe, welche zur Aufnahme der Nahrungsmittel dienen. Der Geruch, den manche Pflanzen verbreiten, kommt von ausgeschiedenen ätherischen Delen her. Die Wirtzelchen tröpfeln namentlich in der Nacht Säfte aus, welche den benachbarten Pflanzen und ihnen selbst theils schädlich, theils nützlich sind. Dieser Umstand ist die Ursache, daß manche Pflanzen nicht neben einander gedeihen, daß die eine durch die Anwesenheit der andern leidet. Daher kommt es, daß die einen Pflanzen isolirt von andern derselben Art stehen, während andere nur gesellschaftlich in größeren oder kleineren Gruppen auftreten.

Gegen diese Theorie der Ausscheidungen hat Hedwig in seinen Zusätzen zu der deutschen Bearbeitung der Aphorismen von Fischer, welche Letzterer veröffentlichte, nicht unzubersichtende Einwendungen erhoben, indem er vorzugsweise darauf hindeutet, daß bei einigermaßen beträchtlichen Ausscheidungen durch die Wurzeln in dem Boden, den ein Baum durch Jahrhunderte inne gehabt, eine bedeutende Veränderung bemerkt werden müßte, was die Erfahrung leugne, und die Verdrängung der einen Pflanze durch die andere sei nur die Folge davon, daß die die Nahrung und Feuchtigkeit aus dem Boden aufnehmenden Wirtzelchen der letzteren sich so ausbreiteten, daß sie die der ersteren beeinträchtigen, oder daß eine Pflanze der andern schade, indem sie ihr bei schnellerem Aufwachsen das Licht entziehe.

Die Theorie, daß die Gewächse ihren Kohlenstoffgehalt durch Zerlegung der ihnen zugeführten Kohlen säure erhalten, war, wie obige Darstellung zeigt, vor 60 Jahren noch nicht so erwiesen und anerkannt als jetzt, doch hat

Humboldt ihre Wichtigkeit sogleich erfaßt, und auf ihre Nothwendigkeit hingewiesen.

Man unterscheidet jetzt zweierlei Verhalten bei den grünen Pflanzen, die Zeit des Keimens und die der wachsenden Pflanze. So lange der Same keimt, zehrt er von dem Vermögen, das die mütterliche Pflanze ihm mitgegeben, denn das junge Pflänzchen ist mit einer Hülle von Stärkmehl, Pflanzeneiweiß u. s. w. versehen. Während des Keimens nimmt der Same Sauerstoff aus der Luft auf und bildet Kohlensäure, welche entweicht. Körper, welche diese Aufnahme von Sauerstoff erleichtern, beschleunigen den Vorgang des Keimens, und hierauf beruht die Wirkung des Chlornwassers, welche Humboldt gefunden hat. Es wird Wasser zerlegt, der Wasserstoff desselben verbindet sich mit dem Chlor, der Sauerstoff geht an den Samen und bildet mit dessen im Stärkmehl u. s. w. enthaltenen Kohlenstoffe die entweichende Kohlensäure. Ist der Keimungsproceß vorüber, das erste grüne Blatt entwickelt, so findet umgekehrt die Aufnahme von Kohlenstoffe, die Abgabe von Sauerstoff statt, und in Folge davon nimmt jetzt das Gewächs an Kohlenstoff zu, während es vorher abgenommen hatte. Jetzt ist aber auch das immer in demselben Sinne wirkende Chlornwasser, wie bereits oben bemerkt, schädlich.

Die unterirdischen Pflanzen beobachten der Entdeckung Humboldt's zufolge ein von den grünen Gewächsen ganz abweichendes Verhalten: sie hauchen Wasserstoff aus, und da dieser nur von Zersetzung des Wassers herrühren kann, so entsteht die Frage, was mit dem Sauerstoffe des zerlegten Wassers geschieht, und wo die Pflanzen den Kohlenstoff hernehmen, den sie, wenn man sie untersucht, enthalten. Diese Frage ist noch nicht gelöst, und unsere heutige Kunde über die Physiologie der unterirdischen Pflanzen steht im Wesen noch ganz auf derselben Stufe, auf der sie Humboldt gelassen; wir können ihn daher hier, da vor ihm über den fraglichen Gegenstand gar nichts gearbeitet wurde, als den Anfang und das Ende unseres Wissens betrachten.

---

## Die chemische Zusammensetzung der Luft.

Die noch aus dem vorigen Jahrhundert datirenden Arbeiten Humboldt's über in das Gebiet der reinen Chemie einschlagende Gegenstände behandeln fast ausschließlich die sogenannte pneumatische Chemie, denjenigen Theil der Wissenschaft, der sich mit der Untersuchung der verschiedenen Luftarten beschäftigt. Das Wort Luft bezeichnete früher (und in außerwissenschaftlichen Kreisen zum Theile auch noch jetzt) den feinen elastischen Stoff, der unsere Erde wie eine Hülle umgibt, und sich, da seine Theile zu klein sind, um unmittelbar durch unsere Sinne wahrgenommen werden zu können, zunächst in seinem bewegten Zustande als Wind zu erkennen gibt. Man kann möglicher Weise die verschiedensten Arten, in denen uns die Luft begegnet, übersehen; durch den Wind müssen wir allemal auf den Gedanken kommen, daß ein feiner Stoff uns umgibt.

Der Verschiedenheit der tropfbaren Flüssigkeiten, des Wassers, Oels u. s. w., entspricht eine Mannfaltigkeit der luftartigen oder elastischen Flüssigkeiten, die man nach van Helmont's Vorgange auch Gase nennt, und zum Unterschiede von den verschiedenen Gasen, die theils schon in der Natur fertig gebildet angetroffen werden, theils künstlich darzustellen sind, heißt das Gasgemenge, das die die Erde umgebende Hülle bildet, die atmosphärische Luft.

Seit Aristoteles galten Luft, Feuer, Wasser und Erde als Elemente, von denen jedoch das eine in das andere übergehen könne; die Luft war ein einziges Ganzes, man glaubte nicht, daß es verschiedene Luftarten gebe, doch wurde nicht geleugnet, daß durch eingemengte oder aufgelöste Stoffe eine Verunreinigung hervorgebracht werden könne. Man stellte sich den Vorgang etwa so vor, wie es bei dem Wasser geschieht, das durch Auf-

lösen von Zuder oder Salzen andere Eigenschaften zeigt, als im Zustande der Reinheit. In der Mitte des 17. Jahrhunderts bestritt van Helmont zuerst die Möglichkeit, daß die Luft in Wasser oder Erde übergehen könnte, die seit Aristoteles geglaubt wurde, denn er vermochte nicht sie durch Druck in eine andere bleibende Gestalt überzuführen; er unterschied jedoch davon die Dämpfe, z. B. die Wasserdämpfe, bei denen dieses möglich sei, er erkannte, daß es noch andere Gegenstände von luftartiger Form gebe, die doch keine atmosphärische Luft sind, und nannte sie, wie bereits angedeutet, Gase. Da er diese Gase nicht weiter untersuchte, und sich mit der Constatirung ihrer Existenz begnügte, so blieben seine bezüglichlichen Arbeiten lange Zeit unbeachtet, und ebenso übten die Arbeiten der übrigen Forscher bis Priestley wenig oder gar keinen Einfluß auf die Kenntniß von der Luft aus, obwohl, wie Humboldt nachweist<sup>1</sup>, schon Mayow (1674) und Hales (1727) den Sauerstoff gekannt haben. Priestley entdeckte 1771, daß die Luft, welche sich bei dem Athmen bildet und die atmosphärische Luft zur Unterhaltung des Lebensprocesses untauglich macht, durch die Pflanzen in eine zum Athmen taugliche umgewandelt werde. Im Verlaufe seiner Untersuchungen fand er, daß durch das Athmen ein Fünftheil der atmosphärischen Luft in ein anderes Gas umgewandelt werde (Kohlensäure, von ihm fixe Luft genannt), die von Kaltwasser absorbiert werden könne, und daß der Rückstand weder das Athmen noch das Brennen zu unterhalten geeignet sei. Er untersuchte die Eigenschaften der bei dem Athmen verschwindenden Luft, stellte sie dann für sich aus dem Quecksilberoxyde dar und fand, daß alle Körper in ihr viel lebhafter brennen, als in der atmosphärischen Luft. Von 1775 an vertheidigte er die Ansicht, diese Luft sei das eigentliche Unterhaltungsmittel des Athmens und Brennens, sie sei reine, von Phlogiston freie, also dephlogistisirte Luft und in der atmosphärischen Luft mit einer andern gemengt, der er den Namen phlogistisirte Luft gab. Wir haben also hier den Satz, daß die atmosphärische Luft aus zwei von einander gänzlich verschiedenen Luftarten, von denen sich die eine zu der andern dem Volumen nach wie 1:4 verhält, bestehe. Die Namen Phlogiston u. s. w. beziehen sich auf die damals herrschende Theorie Stahl's, nach welcher ein unwägbarer Stoff, das Phlogiston, einen Bestandtheil aller verbrennbaren Körper ausmacht und bei ihrem Verbrennen entweicht. Ein unverbrannter Körper war also eine Verbindung dieses Phlogistons mit dem, was nach der Verbrennung zurückblieb, der Asche. Die Luft, welche vorzugsweise ge-

---

1) Aphorismi 169.

eignet war, bei dem Verbrennen eines Körpers den Austritt des Phlogistons zu erleichtern, mußte selbst wenig davon enthalten, um mehr aufnehmen zu können, war also dephlogistirt, während die andere, das Brennen nicht unterhaltende phlogistirt war.

Zu ähnlichen Erfolgen gelangte Scheele um dieselbe Zeit, wenn auch auf einem ganz andern Wege.

Obwohl die beiden Entdecker des das Brennen unterhaltenden Bestandtheiles der atmosphärischen Luft entschiedene Anhänger der Phlogistontheorie waren, haben sie gerade durch ihre Arbeiten derselben den Untergang bereitet, denn Lavoisier stellte eine der alten Lehre ganz entgegengesetzte, die sogenannte antiphlogistische Theorie auf. Nach dieser gibt es kein Phlogiston, kein Princip der Verbrennlichkeit, es kann daher auch bei dem Verbrennen eines Körpers kein solches entweichen, dagegen ist das, was Priestley dephlogistirte Luft genannt hat, ein Element, ein nicht weiter zerlegbarer Körper, der durch Aufnahme von Wärme Gasgestalt annimmt, der Sauerstoff, und das Verbrennen ist nicht nur nicht eine Trennung zweier Stoffe, des Phlogistons und des Rückstandes, sondern eine Verbindung zweier, nämlich des Sauerstoffs und des brennenden Körpers. Die Einführung dieser Theorie, die den alten Ansichten so direct widersprach, in die Wissenschaft, ging nicht ohne harte Kämpfe vor sich, und es stritten sich die Antiphlogistiker mit den Phlogistikern und diese wieder unter einander, da fast jeder die neuen Entdeckungen auf eine andere Weise zu erklären suchte. Der Streit, der noch in das letzte Jahrzehent des vergangenen Säculums hineinragte, in welchem Humboldt seine schriftstellerische Thätigkeit begann, endete mit dem Siege der Antiphlogistiker. Humboldt war von Anfang an auf deren Seite, wenigstens sind die Aphorismen, was die chemische Nomenclatur anbelangt, ganz im Sinne der Theorie Lavoisier's gehalten. Seine Verehrung für Lavoisier sieht man leicht daran, daß er ihm pag. 173 das Epitheton „physicorum princeps“ beilegt.

Der andere, das Brennen nicht unterhaltende Theil der atmosphärischen Luft, der von Priestley den Namen phlogistisirte Luft erhalten hatte, wurde in Azot oder Stickstoff umgetauft.

In welchen Mengenverhältnissen die beiden Bestandtheile der atmosphärischen Luft in ihr enthalten seien, wurde sogleich nach der Erkenntniß ihrer qualitativen Zusammensetzung mit Eifer untersucht, denn da der Sauerstoff der das Brennen und Athmen unterhaltende Bestandtheil ist, schloß man alsbald darauf, daß eine verhältnißmäßig größere oder kleinere Menge desselben in der Luft auf deren Einfluß für die Gesundheitszustände



von großer Wichtigkeit sei. Man nennt diese Bestimmung Luftgütemessung (Eudiometrie). Scheele erhielt als Sauerstoffgehalt der Luft 25 — 33 Volumprocente und gab als mittleres Resultat  $\frac{2}{3}$  oder etwa 27 Procente an. Lavoisier setzte zuerst (1776) fest, die Luft enthalte ein Viertel ihres Volums an Sauerstoff, später (1777) gab er die Menge zu  $\frac{1}{5}$ , und im selben Jahre wieder zu  $\frac{1}{4}$  an. In seiner Abhandlung über die Veränderungen der Luft unter dem Einflusse vieler Menschen findet er als normales Verhältniß 27 — 28 Raumtheile Sauerstoff und 73 — 72 Stickstoff; in der obern Luft aus einem Krankenzimmer in einem großen Hospital fand er 18  $\frac{1}{2}$  Volumprocente, in der aus einem Theater bei gefülltem Hause 21 Sauerstoff. Cavendish behauptete 1783, daß die Schwankungen, denen nach den Versuchen der Sauerstoffgehalt der Luft ausgesetzt sein soll, auf den Fehlern der Beobachtungsmethode beruhen, und daß eine Aenderung der relativen Sauerstoffmenge in der Luft nicht existire, sondern daß diese constant 20,84 Volumprocente betrage.

So stand die Angelegenheit, als Humboldt mehrere Jahre hindurch Versuche darüber anstellte.

Die Methode, welcher Humboldt zunächst seine Aufmerksamkeit zuwendete, beruht auf der Einführung von Salpetergas<sup>1</sup> in die zu untersuchende Luft. Wird dieses Gas in eine Luft gebracht, welche freien Sauerstoff enthält, so verbindet es sich mit diesem und bildet eine höhere Sauerstoffverbindung des Stickstoffes als es vorher war, die salpetrige Säure (NO<sub>2</sub>). Bei Gegenwart von Wasser zerfällt diese wieder in Salpetersäure, die sauerstoffreichste Verbindung des Stickstoffes (NO<sub>3</sub>), die sich in dem Wasser löst, und in Stickstoffoxyd oder Salpetergas. Bei dem Vorgange wird mithin der Sauerstoff, der sich in der Probeluft befindet, zur Bildung von Salpetersäure verwendet. Je mehr sich von der letztern bildet, um so mehr Sauerstoff war vorhanden, um so mehr wird aber Luft aus dem Gefäße verschwinden, in dem der Versuch vorgenommen wurde, denn der Sauerstoff, sowie ein Theil des Salpetergases, sind weggegangen, und aus der Menge der verschwundenen Gase kann auf die vorher vorhandene Quantität des Sauerstoffs geschlossen werden, wenn man vorher durch Versuche mit Luftarten von bekanntem Sauerstoffgehalte ermittelt hat, wieviel von dem verschwundenen Luftantheile auf Rechnung des Sauerstoffs und wieviel auf Rechnung des Salpetergases kommt.

1) Dieses Gas entsteht durch die Einwirkung von Salpetersäure auf Metalle; es heißt jetzt Stickstoffoxyd und besteht aus gleichen Raumtheilen Stickstoff und Sauerstoff (NO<sub>2</sub>).

Gewöhnlich nimmt man den Versuch in einem Glaszylinder vor, der unter Wasser mit der Probeluft gefüllt wird, und, mit einer eingägten Scala versehen (calibriert), die Luftmenge direct ablesen läßt. Da der Raum, den eine gegebene Luftmenge einnimmt, je nach Barometerstand und Temperatur verschieden ist, so muß bei der Ableseung der Gasmengen jedesmal hierauf Rücksicht genommen werden. Außerdem haben noch die Reinheit des angewandten Salpetergases, seine Löslichkeit und Zerlegung in Wasser, die Weite des benutzten Cylinders u. s. w. Einfluß auf das Verschwinden der Gase, wie auch auf die Berechnung, und mit der Bestimmung dieser Einwirkungen hat sich Humboldt in dem ersten Kapitel seiner Versuche über die Zerlegung der Luft beschäftigt, indem er sowohl die Auffindung der einzelnen Verunreinigungen und Einwirkungen, als auch die Größe ihres Einflusses untersuchte.

Das Detail dieser Arbeit übergehend, will ich mich damit begnügen, anzugeben, daß nach seinen Untersuchungen das Volumen der aus dem Glaszylinder nach der Einführung des Salpetergases verschwundenen Luft durch 3,55 dividirt werden müsse, um die Menge des vorhin darin enthaltenen Sauerstoffs zu erhalten.

Die Prüfung des Sauerstoffgehaltes der atmosphärischen Luft mit Hilfe von Salpetergas oder Stickstoffoxyd ist nur eine Methode unter vielen, von denen mehrere noch aus dem vorigen Jahrhundert stammen. Unter diesen ist hier zunächst die Eudiometrie mit Hilfe von Phosphor zu erwähnen, deren es schon damals wieder zweierlei Arten gab. Zündet man in der atmosphärischen Luft Phosphor an, so verbrennt er bekanntlich und diese Verbrennung ist nichts Anderes, als eine unter Licht- und Wärmentwicklung vor sich gehende Verbindung des Phosphors mit dem Sauerstoffe der Luft. Das Product dieses Vorganges ist die Phosphorsäure. Um Phosphor mit Sauerstoff verbinden zu können, ist es aber nicht nöthig ihn anzuzünden, d. h. seine Temperatur vorher künstlich zu erhöhen, es reicht hierzu schon die gewöhnliche Luftwärme an. Bringt man ein Stück reinen Phosphor in die Luft, so steht man alsbald, daß sich um ihn her weiße Wolken bilden, und im Finstern beobachtet man auch ein schwaches Licht um den Phosphor, das jedoch zu unbedeutend ist, um am hellen Tage wahrgenommen werden zu können.<sup>1</sup> Auch hier bildet sich eine Verbindung des Phosphors mit Sauerstoff, doch enthält diese verhältnißmäßig weniger Sauerstoff, als die Phosphorsäure,

1) Diese Erscheinung hat zu der Benennung „phosphoresciren“, womit man alle derlei schwachen Lichtentwickelungen bezeichnet, Veranlassung gegeben.

und wir haben also wieder eine, wenn auch langsame und unvollkommene Verbrennung. Geht die Verbrennung in einem geschlossenen Gefäße, etwa in einer umgestützten, in Wasser stehenden Glasglocke vor sich, so nimmt der Phosphor den Sauerstoff der ihn umgebenden Luft an sich, und weil dieser seine Luftform verläßt, so verschwindet von der den Phosphor umgebenden Luft soviel, als Sauerstoff weglam, und hat man die Luft vor dem Versuche gemessen, so wird die Menge derselben, die nach dem Erlöschen des Phosphors übrig blieb, angeben, wieviel von ihr kein Sauerstoff war, nur was verschwunden ist, war Sauerstoff. Selbstverständlich muß bei der Abmessung der Luft der jeweilige Stand des Barometers wie des Thermometers berücksichtigt werden. Die langsame Verbrennung wurde zuerst von Berthollet und Acharb, die rasche Verbrennung von Reeboul angewandt, weshalb auch die beiden Methoden nach diesen Männern benannt werden.

Auch Humboldt benützte diese Wege zur Vergleichung ihrer Resultate mit denen der bereits besprochenen Untersuchungen. Er fand nun, daß die durch das Phosphoreudiometer angezeigte Sauerstoffmenge nie so groß war, als die, welche das Stickstoffoxyd angab, und daß die Differenz halb größer, halb kleiner war. Brachte er das Stickstoffoxyd (Salpetergas) in eine Luft, der Phosphor keinen Sauerstoff mehr zu entziehen vermochte, so zeigte ersteres noch einen Theil dieser Gasart an, aber der Sauerstoff, den er durch die Combination beider Methoden gefunden hatte, erreichte nie das Quantum, welches das Stickstoffoxyd allein anzeigte, und er schloß daraus, daß bei dem Zusammenwirken von Phosphor und atmosphärischer Luft eine dreifache gasförmige Verbindung von Sauerstoff, Stickstoff und Phosphor entstehe, der das Stickstoffoxyd den Sauerstoff zu entziehen nicht im Stande wäre. Er wurde in dieser Ansicht noch durch die Entdeckung Bauquelin's bestätigt, daß die langsame Verbrennung des Phosphors in reinem Sauerstoff nicht vor sich geht, daß also die Anwesenheit des Stickstoffes zur Einleitung einer Verbindung nothwendig ist.

Als Endresultat seiner einschlägigen Untersuchungen gibt er an, daß der Phosphor eine sehr unsichere eudiometrische Substanz sei.

Außer Sauerstoff und Stickstoff enthält die atmosphärische Luft noch einen andern gasförmigen Bestandtheil, die Verbindung des Sauerstoffs mit dem Kohlenstoffe oder die Kohlenäure. Die Quellen, aus denen unsere Atmosphäre die Kohlenäure schöpft, sind sehr mancher Art: Vulcane, Sauerbrunnen, Verbrennungen, Athmen, Gährungen u. s. w., und es konnte daher nicht fehlen, daß die Naturforscher schon seit alten Zeiten auf sie aufmerksam wurden, doch ohne daß ihre Eigenschaft als Gas, sowie ihre Zusammen-

setzung näher bekannt geworden wäre. Je nach ihrer Entstehung führte sie verschiedene Namen, unter denen jedoch die Benennung „fixe Luft“ ziemlich die Oberhand hatte, als die Ansicht von der Möglichkeit der Existenz von einander verschiedener Luftarten sich Geltung zu verschaffen anfing. Lavoisier war es, der ihre Zusammensetzung nachwies, als er durch Erhitzen von Quecksilberoxyd Sauerstoff erhielt, Kohlensäure dagegen, wenn er dieses Oxyd vor dem Erhitzen mit Kohlen vermengte. Bei der großen Rolle, die alsbald nach dem Umschwunge, den die Chemie gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts erfuhr, der Kohlensäure zufiel, und von der ich bereits oben bei der Pflanzenernährung gesprochen habe, war es kein Wunder, daß man sich alsbald damit beschäftigte, sie in der Atmosphäre aufzusuchen und ihre jeweilige Quantität zu bestimmen, was bei der geringen Menge derselben längere Zeit viele Schwierigkeiten machte.

Ein zu diesen Bestimmungen eingerichtetes Instrument, Dryanthrakometer, kürzer Anthrakometer, construirte Humboldt. Es sieht ziemlich aus, wie ein kurzes Gefäßbarometer, nur ist die lange Röhre offen, die Kugel geschlossen, also umgekehrt wie bei dem genannten Barometer. Die Röhre ist calibrirt oder so genau cylindrisch, daß der von ihr eingeschlossene Raum der Länge der Säule proportional ist. Bei dem Gebrauche wird die Kugel und ein Theil der Röhre mit Ammoniak (Salmiakgeist) oder Kaltwasser, der Rest der Röhre mit der Probeluft gefüllt, hierauf, nach Verschließung der Röhre, durch Umdrehen des Instrumentes die Luft in die Kugel gebracht. Dort wird die Kohlensäure von der Flüssigkeit absorbiert, die Luft wieder in die Röhre zurückgebracht, und der Verlust, den sie an Volumen erlitten hat, unter Bezugnahme auf die Correctionen hinsichtlich des Barometer- und Thermometerstandes bestimmt. Dieser Verlust ist Kohlensäure.

Ein Mann wie Humboldt konnte sich nicht damit begnügen, eine Methode aufzufinden, mit deren Hilfe es möglich würde, dieses oder jenes Verhältniß in der Luft näher kennen zu lernen; ihm war es stets um das Allgemeine zu thun, und er vergaß nie den Wald über der Betrachtung des einzelnen Baumes. Die Bestimmung der einzelnen Bestandtheile der atmosphärischen Luft war ihm stets nur das Hülfsmittel, die Natur der ganzen Atmosphäre zu ergründen, und die hier gewonnenen Resultate wurden alsbald wieder durch Anwendung auf andere Zweige der Naturwissenschaften, wie Botanik, Zoologie u. s. w. benützt.

Er stellt (S. 100) als Aufgabe der Untersuchungen über die Kohlensäure nachstehende Fragen auf. Welches ist die gewöhnliche, welches die größte oder kleinste Menge der Kohlensäure, die in dem Dunstkreise verbreitet

ist? Wird diese Menge in der heißen Zone größer als in der gemäßigten und kalten, in unsern schneereichen Wintermonaten geringer als im Sommer, auf hohen Bergen geringer als in der Ebene gefunden? Wie unterscheiden sich die Nacht- und die Tagesluft von einander, wie die Luft auf dem weiten Ocean von den walddreichen Gegenden? Alle diese Fragen, sagt er, blieben bisher unbeantwortet. Weit davon entfernt, diese Lücke schon jetzt ausfüllen zu können, stelle ich hier nur die Resultate derjenigen Versuche zusammen, welche ich seit drei Jahren theils mit dem Kohlen säurem esser, theils in wohlcalibrirten Röhren angestellt habe.

Hierauf folgt eine Angabe der Quellen, aus denen die Luft ihre Kohlen säure schöpft, die Angabe der Mengen davon, welche sich in den älteren Schriften findet, so wie der Extreme, die das Humboldt'sche Instrument angegeben hatte. Im Maximum zeigte dieses 1,8, im Minimum 0,5 Procente, der Mittelwerth stellte sich auf etwa 1,5. Die große Verbreitung der Kohlen säure in der Luft (Saufsure hatte sie 2450 Toisen hoch auf dem Montblanc gefunden) veranlaßte Humboldt zu dem Schlusse, daß die Kohlen säure nicht ein zufälliger, sondern ein allgemein verbreiteter Bestandtheil der atmosphärischen Luft sei, und vermöge ihrer chemischen Anziehung zu dem Sauerstoffe veranlaßt werde, sich in Höhen zu erheben, die sie sonst nicht erreichen würde. Es ist dieses ein Satz, auf den er wiederholt zurückkommt, da er die ganze Mischung der Luft darauf zurückführt. Die verschiedenen Bestandtheile der atmosphärischen Luft, Sauerstoff, Stickstoff und Kohlen säure, sind nämlich von verschiedener Dichtigkeit, und nach der Analogie mit den tropfbaren Flüssigkeiten zu schließen, sollten in der Luft die einzelnen Gasarten in verschiedenen Schichten übereinander liegen; unten eine Lage Kohlen säure, dann eine solche von Sauerstoff, hierauf eine von Stickstoff, wie in einem Gefäße, das etwa Del, Wasser und Quecksilber enthält, das Del die oberste, das Quecksilber die unterste Schichte bildet. Die Atmosphäre zeigt alle Bestandtheile durcheinander. In der jetzigen Zeit erklärt man sich dieses Zusammensein aus dem zuerst von Dalton ausgesprochenen und daher nach ihm benannten Gesetze, daß alle Gasarten sich in einem ihnen angewiesenen Raume, und zwar jede für sich, so ausbreiten, als wäre sie allein, die andern nicht vorhanden, so daß jede eine Atmosphäre bildet, welche gleichsam durchdrungen ist von den Atmosphären der andern Gase. Nach diesem Satze ist die Stelle, wo eine Luftart weggenommen wird, auch wenn die andern Gase unverändert bleiben, für sie, aber nur für sie, wie ein leerer Raum, in den sie zu dringen strebt, um das alte Mischungsverhältniß wieder herzustellen. Dieses Gesetz war im vorigen Jahrhundert nicht bekannt, und

Humboldt suchte sich daher dadurch zu helfen, daß er eine chemische Anziehung der Stoffe, welche den Luftkreis bilden, unter einander annahm. Auf diese Weise erklärte er sich auch die Anwesenheit des Wassers in der Höhe. Diese Anziehung nahm er nicht als unveränderlich und auch nicht als so groß, daß dadurch Verschiedenheiten der Luftzusammensetzung an einander nahe liegenden Orten vermieden würden, denn zu Steben am Fichtelgebirge angestellte Versuche mit in verschiedenen Höhen befindlichen Kalkwassergefäßen ließen ihn auf eine mit wachsender Höhe abnehmende Menge der Kohlensäure schließen. Dem Wassergehalte der Luft schrieb er einen Theil der Veränderlichkeit der eben erwähnten Affinität zu, und kam dadurch auf die Nothwendigkeit, bei Kohlensäurebestimmungen auf alle Nebenverhältnisse Rücksicht zu nehmen. Die Beobachtungen, die er anführt, sind theils zu Salzburg, theils in Wien und Paris angestellt; sie geben einen größeren Kohlensäuregehalt der Luft, als derselbe in späterer Zeit gefunden wurde (die Luft enthält nur etwa  $\frac{1}{20000}$  Theile). Man konnte damals die Mittel, eine Luft von ihrem Wassergehalte zu befreien, nicht so gut als jetzt, und arbeitete auch mit zu kleinen Quantitäten von Luft, als daß ein genaues Resultat hätte erzielt werden können, weshalb alle Versuche der damaligen Zeit, nicht bloß die Humboldts, zu große Zahlen lieferten.

Auch die Sauerstoffbestimmungen, die Humboldt veröffentlichte, gaben ein höheres Resultat (26—27 Procente), als sich später herausgestellt hat. Er war es aber nicht allein, der so hohe Ziffern erhielt, denn fast alle Beobachtungen der damaligen Zeit stimmen damit überein, weil man sich allgemein des Stickstoffoxydes zur Eudiometrie bediente, das vorzugsweise darum mehr Sauerstoff anzeigt, als wirklich vorhanden ist, weil es von dem Wasser, das zur Absperrung der Probeluft genommen werden muß, da Quecksilber sich zur Zerlegung der salpetrigen Säure nicht eignet, stark absorbirt wird und dieser Verlust durch Absorption wenigstens theilweise für verschwundenen Sauerstoff angesehen wurde. Warum man damals vorzugsweise das Salpetergas genommen hat, erklärt sich daraus, daß es unter den bekannten eudiometrischen Mitteln für dieselbe Luft die am meisten zusammenstimmenden Resultate gab, denn die Methode von Volta (Verbrennen einer gemessenen Quantität Wasserstoff in der Probeluft) bot damals theils wegen der Schwierigkeit, den Wasserstoff rein herzustellen, theils wegen der Umständlichkeit des Verfahrens manche Nachtheile, und war auch weniger bekannt. Theilweise nahm man es, weil bei seiner Anwendung die Ziffern für den Sauerstoff am größten ausfielen. Man war sogar geneigt, die Menge des gefundenen Sauerstoffs für zu ge-

ring für die große Rolle anzusehen, die dieser Körper in der Natur spielt, und darum sagt auch Humboldt, wie sich der geringen von ihm gefundenen Sauerstoffmenge wegen entschuldigend, S. 169: „Scheiden wir durch das Salpetergas wirklich allen Sauerstoff aus dem Luftkreise ab, oder bleibt ein Theil desselben zurück? Die Versuche, welche in meiner Abhandlung über die oxydirten Phosphorstidgase enthalten sind, lehren, daß das Salpetergas noch Sauerstoff in einem Azote entdeckt, welches durch Phosphoralkali bereitet ist. Kennen wir das Salpetergas oder die Wirkung der reinen Erden nicht, so würden wir kein Mittel haben, uns von der Gegenwart des Oxygens im Rückstande des Phosphoreudiometers zu überzeugen, vielleicht entdecken wir bald einen Stoff, der durch größere Ziehkraft auch in dem durch Salpetergas bereiteten Stidgas noch Oxygen entdeckt. Viele Umstände machen es aber wahrscheinlich, daß eine gleiche Quantität Stidgas auch immer eine gleiche Quantität Oxygen zurückhält oder verbirgt.“

Diese Stelle dürfte auch zugleich als Beleg zu den oben ausgesprochenen Sätzen über Humboldt's Ansicht von der Mischung der Gasarten dienen.

Eine Frage, welche vor 60 Jahren die Naturforscher vielfach beschäftigte, war die, woher das bei chemischen Processen so vielfach beobachtete Licht komme. Newton hatte das Licht daraus erklärt, daß leuchtende Körper ganz kleine Theilchen nach allen Seiten aussenden, welche dann das Auge durchdringend auf der Netzhaut die Empfindung des Lichtes hervorbringen, und diese Theorie war am Ende des vorigen Jahrhunderts überwiegend die herrschende. Soll ein Stoff aus irgend einer Verbindung abgeschieden werden können, so muß er offenbar darin vorhanden sein, und es war daher damals eine Hauptaufgabe, den Lichtstoff aus den Körpern abzuscheiden oder doch darin nachzuweisen. Sollte er nun in verschiedenen Körpern sein oder in einem einzigen, der dann der Träger alles Lichtes wäre, und ohne den ein Leuchten zu den Unmöglichkeiten gehörte? Viele neigten sich zu der Ansicht, den Sauerstoff als eine Verbindung des Lichtstoffes mit irgend einem andern Körper zu betrachten.

Auch Humboldt beschäftigte sich mit dieser Aufgabe. Man war geneigt, zu glauben, daß der Sauerstoff, oder strenger genommen der Grundstoff, der mit dem Lichte den Sauerstoff bildet, wenn er sich irgendwo entwickelte, Licht aufnehme und dieses wieder abgebe, wenn er durch Verbrennen wieder eine Verbindung eingehe. So wäre das Wasser nicht eine Combination von Sauerstoff und Wasserstoff, sondern von einem Elemente und dem letzteren. Bei der Wasserzerlegung, dachte man, werde dieses Element isolirt,

nehme dabei Licht auf und bilde Sauerstoff; bei der Verbrennung verbinde es sich wieder mit dem Wasserstoff und gebe das Licht ab. Humboldt bereitete Sauerstoff im Finstern; hier konnte also der Bestandtheil desselben kein Licht aufnehmen, aber dennoch gab er es, wenn man ihn zu irgend einer Verbrennung benützte, ab, wie wenn er im Lichte dargestellt wäre, und daraus schloß unser Forscher richtig, daß der Lichtstoff unmöglich an den Sauerstoff allein gebunden sein könne. Im Verlaufe seiner Untersuchungen kommt er allerdings darauf, daß manche Lichterscheinung, wie das Leuchten des Phosphors und das Faulen des Holzes, nur bei Anwesenheit von Sauerstoff möglich sei, aber die Lichterscheinungen, die mit mehreren chemischen Verbindungen, wie z. B. der des Schwefels und Kupfers, auch ohne Anwesenheit von Sauerstoff verknüpft sind, ferner die elektrischen Lichterscheinungen beweisen ihm, daß der Sauerstoff nicht der einzige Träger des Lichtes sei, und er hält es für wahrscheinlicher, daß der Lichtstoff wie der Wärmestoff sich mit allen Substanzen, die von den Sonnenstrahlen getroffen werden, chemisch verbinden könne.

Anm. Die vorstehende Untersuchung veröffentlichte Humboldt in den Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Berlin, und ließ sie in der oben erwähnten Sammlung ungeändert abdrucken, versah sie jedoch mit einem Zusätze, in dem er erklärt, daß er von der Existenz eines Licht- und Wärmestoffes durchaus nicht überzeugt sei, und daß er keine Erfahrung kenne, welche die Phänomene des Lichtes, der Wärme, der Elektrizität, des Magnetismus und Galvanismus als von eigenen Substraten abhängig charakterisirt. Er neigt sich bereits zu der Annahme hin, daß die erwähnten Erscheinungen nicht auf dem Dasein irgend eines bestimmten materiellen Substrates, sondern auf einem vorübergehenden Zustande der Materie beruhen, eine Ansicht, deren Richtigkeit jetzt wenigstens für Licht und Wärme vollkommen erwiesen, für die andern Erscheinungen in hohem Grade wahrscheinlich ist; doch hält er es für zweckmäßig, um die Vorgänge zu bezeichnen, einstweilen die Namen Licht- und Wärmestoff etc. beizubehalten. Neben der Newton'schen Theorie, daß das Licht von kleinen vom leuchtenden Körper ausgesandten Theilchen ausgehe, bestand im vorigen Jahrhundert noch die Huyghens'sche, nach der das Licht aus Schwingungen eines ganz dünnen den Weltraum ausfüllenden Mediums, also aus einem vorübergehenden Zustande eines materiellen Stoffes, erklärt wird; doch war das Ansehen dieser letzteren Ansicht dem der vorhergehenden weit untergeordnet. Erst seit 1812, als Malus die Polarisation des Lichtes entdeckte, die sich sehr gut nach der wenig modificirten Huyghens'schen, nicht aber nach der Newton'schen Theorie erklären ließ, gewann erstere das Uebergewicht und ist seitdem durch eine große Menge neuer Entdeckungen die allein herrschende geworden. Wir sehen aus dem Vorstehenden, daß Humboldt auf chemischem Wege zu Schlüssen über das Licht gelangte, die der großen Mehrzahl seiner Zeitgenossen, welche die Existenz eines materiellen Lichtstoffes für



ausgemacht hielten, entgegen ganz den gegenwärtigen Ansichten entsprechen, die, wie man mit Sicherheit annehmen kann, keinen Umsturz mehr zu fürchten haben.

### Ueber die unterirdischen Gasarten und die Mittel, ihren Nachtheil zu vermeiden.

Unter den vielen Gefahren, denen der Bergmann, indem er die unterirdischen Schätze aus den Tiefen holt, ausgesetzt ist, stehen diejenigen oben an, welche er in den Gasen zu bestehen hat, denn der beständige Austausch, der in der Höhe stattfindet und die theilweise veränderte und dadurch zum Athmen wie zum Brennen untauglich gewordene Luft durch frische ersetzt, findet dort nur auf eine sehr unvollkommene Weise statt, und viele Arbeiter sind schon die Opfer derselben geworden.

Das menschenfreundliche Herz Alexanders v. Humboldt konnte bei diesen Mißständen, denen er in seiner Eigenschaft als Oberbergmeister so oft begegnen mußte, nicht ungerührt bleiben, und er hat darum auch diesem Gegenstande seine besondere Aufmerksamkeit zugewendet. Wie aber Alles, womit er sich beschäftigte, sich unter der Hand, ohne daß er es zu beabsichtigen schien, in ein wissenschaftliches Gewand kleidete, so entstand aus diesen Arbeiten eine Darstellung der Luftverhältnisse der Tiefen, der er nicht mit Unrecht den Namen einer unterirdischen Meteorologie gab.

Der erste Punkt, dem er seine Aufmerksamkeit zuwandte, war die Untersuchung der Vertlichkeiten.

Die Luftgemenge oder Wetter, welche den Gegenstand dieser unterirdischen Meteorologie bilden, kommen im Innern der Erde unter verschiedenen Localverhältnissen vor, je nachdem sie mit der äußern Luft in keiner Verbindung stehen oder damit zusammenhängen.

Wenn auch den Pendeluntersuchungen zufolge die Erde im Innern nicht hohl, sondern sogar mit einem Stoffe angefüllt ist, der eine bedeutende Dichtigkeit besitzt, so finden sich doch in fast allen Gebirgsarten, ältern wie jüngern, namentlich aber in den vulcanischen, kleinere oder größere Räume, die hohl sind und ein von der atmosphärischen Luft oft sehr verschiedenes Gasgemenge enthalten, das bei dem Deffnen der Höhlung hinaustritt. Dadurch kann ein ganzer Stollen für einige Zeit unzugänglich werden, womit dann, da alle Lichter plötzlich erlöschen und die umstehenden Bergleute

unter dem Einflusse des Gases dahin sinken, ein Unglücksfall fertig ist, weil wegen der nunmehrigen Finsterniß auch die Rettung in vielen Fällen unmöglich wird.

Die in den besprochenen hohlen Räumen enthaltene und mit der Atmosphäre ursprünglich nicht communicirende Luft übertrifft zwar weitaus die Masse der in den künstlichen Weitungen befindlichen, mit der Oberwelt in Verbindung stehenden; da sie aber nur zum geringsten Theile frei wird, — denn es liegen die wenigsten Höhlen im Wege des Bergmannes, — so wird die letztere Luft mehr als erstere für den Menschen von Bedeutung sein, und ihre Verhältnisse werden besonders berücksichtigt werden müssen. Die künstlichen Weitungen, welche der Mensch in dem festen Erdbörper ausgehöhlt hat, und die unterirdische Luftmasse, welche denselben erfüllt, sind ungleich größer, als man gemeinhin glaubt, denn in dem ganzen unterirdischen Deutschland könnten wohl einige Millionen Menschen Platz finden, doch sind die Wetter größtentheils auf enge Räume eingeschränkt. Die Localverhältnisse sind durchaus maasgebend und es ist vollkommen irrig, zu glauben, daß immer die engeren Räume eine unreinere Luft enthielten als die weiteren, oder daß die unterirdischen Luftschichten mit zunehmender Tiefe an Reinheit abnehmen. Fast jedes deutsche Bergrevier bietet mannfache Beispiele von Gruben dar, in denen an den tiefsten Punkten die frischesten Wetter gefunden werden, während die oberen Strecken mit lichtverlöschenden Gasarten angefüllt sind. Witterungswechsel, Zimmerung, Verwitterung des Quergesteins, Wassergehalt desselben, offene Klüfte, welche Luft austossen, und andere Ursachen verändern den Sauerstoffgehalt der Gruben öfter, fast von Lachter zu Lachter.

In den Verhältnissen, unter denen sich die unterirdische Luft abweichend von denen der atmosphärischen befindet, ist am auffallendsten die Abwesenheit des Lichtes, doch hat den Versuchen zufolge die Entziehung des Sonnenlichtes keinen bemerkbaren Einfluß auf die Mischung der Gasarten. Humboldt bespricht hierauf die elektrischen Verhältnisse, sowie die der Feuchtigkeit der unterirdischen Luft, und vergleicht sie mit denen der obern Schichten, so weit die damals bekannten Thatfachen und Instrumente es zuließen.

Die Wärme der Gruben in den gemäßigten Erdstrichen fand er der mittleren der atmosphärischen Luft sehr nahe und er erklärte die größeren Abweichungen durch die Einflüsse von außen kommende Störungen, wie Luftzug u. s. w., doch macht er darauf aufmerksam, daß mitunter unabhängig von außen stellenweise wärmere Luftschichten vorkommen, deren höhere Temperatur er dort stattfindenden chemischen Vorgängen zuschrieb. Irrespirable Luftarten, die in der Tiefe vorkommen, üben zwar auf den Menschen

einen Einfluß aus, der dem Gefühle der Schwüle sich nähert, doch sind sie darum nicht wärmer.

Bemerkenswerth ist, wie sich Humboldt über die Zunahme der Wärme in größeren Tiefen ausspricht. Er sagt (S. 103): „Gensane behauptet, daß die Wärme des Erdkörpers mit der Tiefe der Erdschichten zunehme und daß die tiefern Strecken daher wärmer als die obern wären. Diese Behauptung gründet sich aber auf eine einzelne Erfahrung aus den Bergwerken zu Siromagnie und wird durch alle neueren Versuche widerlegt. Wenn es auch wahrscheinlich ist, daß der Erdkörper gegen seine Oberfläche hin bereits mehr von seiner Grundwärme als im Inneru eingebüßt habe, so wird dieser Unterschied für uns doch unbemerktbar sein. Die Tiefe, zu der wir mit einem Schachte eindringen, ist so unbeträchtlich, daß sie keine Temperaturerhöhung von 0,000001 Grad betragen kann. Ja! betrüge sie auch 0,5°, so würde sie doch bei der Einwirkung so mancherfaltiger localer Ursachen für uns verschwinden. Chemische Zersezungen im Quergesteine haben wahrscheinlich zu Siromagnie das Thermometer in 226 Fachter Tiefe auf 18,5° steigen machen. Denn wenn die von Gensane bemerkte Temperaturzunahme von 8,5° in 164 Fachter schon der Nähe des Erdcentrums zuzuschreiben wäre, so müßte das letztere sich freilich in einer Glühhitze befinden, welche noch die der Buffonschen Hypothesen weit überstiege.“

Der hier angeführte Satz betrifft die Centralwärme. Bereits die altgriechischen Philosophen Zeno und Empedocles hatten zur Erklärung der vulkanischen Erscheinungen die Theorie aufgestellt, daß im Innern der Erde eine sehr bedeutende Hitze, das Centralfeuer, sein müsse, und die Spuren dieser vulkanistischen Schule lassen sich, wie die der neptunistischen, von der damaligen Zeit bis zu uns verfolgen. Unter den Vulkanisten war auch Buffon (1743), der die Erde als einen ursprünglich feuerflüssigen Körper betrachtete, der sich von der Sonne losgerissen und allmählig abgekühlt hat, wobei durch unregelmäßige Abkühlung und Zusammenziehung auf der schlackigen Kruste, Berge und Thäler zum Vorschein kamen. Die Neptunisten erkannten das Centralfeuer nicht an, die Erde hatte nach ihnen nie eine besonders große Hitze und darum sollten auch bei den Temperaturbestimmungen in verschiedenen Tiefen nie bemerkbare Verschiedenheiten vorkommen, die nicht durch andere Ursachen zu erklären wären. In dem vorstehenden Citate sehen wir daher Alexander v. Humboldt noch als Neptunisten, der etwa gefundene Temperaturdifferenzen aus localen Wirkungen zu erklären sucht, von einer großen Hitze das Erdinnern aber nichts wissen will. Die Gensanesche Bestimmung war auch damals noch ziemlich vereinzelt, aber

mit dem, was man jetzt über die Temperaturzunahme der Erde bei wachsender Tiefe weiß, steht die Genesische Messung mit einer Zunahme von 8,5 Graden auf 162 Facher durchaus nicht im Widerspruch.

Ich muß hier an das erinnern, was ich bereits oben S. 21 erwähnte.

Rücksichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung ist an manchen Orten die Grubenluft von der atmosphärischen nicht verschieden, an den meisten dagegen weicht sie sehr davon ab. Das Quergestein (d. h. die metallere Gebirgsart), die Erze oder kohlenstoffhaltigen Fossilien, auf welche man gräbt, das Grubenholz, die unterirdische Vegetation, die stehenden Wasser, das Feuersegen und Schießen, das Athmen der Menschen, die Unreinheit ihrer Kleider, sowie das Brennen der Lichter, tragen alle dazu bei, die unterirdische Luft zu modificiren. Das Quergestein wirkt durch die in seinen Zwischenräumen und Klüften enthaltenen Gasarten, die in der Regel atmosphärische Luft mit überschüssigem Stickstoff sind, bisweilen, namentlich in Kohlen- und Maunschiefergruben, kohlensaures und wasserstoffhaltiges Gas (matte und schlagende Wetter) enthalten, theils dadurch, daß es den Sauerstoff der umgebenden Luft anzieht und sich mit ihm verbindet, so daß also auch hier die Atmosphäre ärmer an diesem Gase wird. Es verdient hier besonders der Gehalt an Kohlenstoff, den wir an vielen Gesteinen, wie Thonschiefer, Kiesel-schiefer u. s. w., beobachten, Berücksichtigung, da beständig eine langsame Verbrennung desselben stattfindet. Auch das zur Verzimierung der Schachte verwandte Holz wirkt in dieser Weise, und verdirbt bei seinem Faulen die Luft. Die Wirkung der matten Wetter ist vorzugsweise eine negative, sie beruht auf dem Mangel an Sauerstoff; die schlagenden Wetter sind gefährlich, weil sich bei der Mengung von (Kohlen-) Wasserstoff mit der atmosphärischen Luft ein Gas bildet, das bei der Berührung mit brennenden Lichtern sich entzündet und mit Explosion verbrennt.

Nachdem Humboldt die Entstehung und Beschaffenheit der Grubenwetter besprochen, geht er über auf die verschiedenen Mittel, die angewendet werden, um dem Nachtheil der Gase vorzubeugen. Diese sind höchst mannfaltiger Natur und mitunter mit großen Unkosten verknüpft. Sicher gehören vorzugsweise diejenigen Stollen, welche eigens zu dem Zwecke getrieben werden, um durch den in den verschiedenen Gängen hervorgebrachten Zug für gehörige Erneuerung der Luft zu sorgen und so das Leben des tief in der Erde grabenden Arbeiters und das Brennen seiner Lampe zu erhalten. Außerdem wurde der Luftwechsel auch noch durch zweckmäßig angebrachte Feuerung, Gebläse, durch Zufluß von frischem Wasser und auch namentlich in der den Humboldt'schen Schriften zunächst vorhergehenden Zeit stellenweise durch Zu-

leitung von Sauerstoff hervorgerufen, so wie auch die brennbaren Wetter durch öfter wiederholtes Abbrennen, um zu große Ansammlungen von Gas zu vermeiden, unschädlich gemacht. Humboldt macht hier auf die unter der Erde wachsenden Schwämme, namentlich die *Dyffusarten*, aufmerksam, die fort und fort Wasserstoff ausathmen und außerdem noch viel zur Zerstörung des Holzes beitragen, gibt den Rath, diese Schwämme, sowie sie sich zeigen, alsbald zu entfernen, und geht dann auf ein neues von ihm erdachtes Mittel über. „Ich ging hiebei anfangs“, sagt er S. 250, „auch von der Idee aus, die Räume, in denen die Grubenarbeit verrichtet werden soll, mit Lebensluft oder einer künstlich bereiteten atmosphärischen Luft zu füllen. Je mehr aber eigene Versuche und Bekanntschaft mit den Erfahrungen Anderer lehrten, daß man nur durch äußerst kostbare und immer unzulängliche Vorrichtungen dazu kommen könne, die ganze Masse der bösen oder matten Wetter, in welchen der Bergmann leben und arbeiten soll, in respirable Luft umzuschaffen, je mehr überzeugte ich mich von der Nothwendigkeit, daß man die Vorrichtungen für Brennen der Lichter von denen für die Respiration der Arbeiter abzufondern suchen und statt die Wetter für Respiration und Lichterhaltung zugleich zu verbessern, für die eine Art eine von ihnen unabhängige, nie verlöschende Lampe, für die andere Art derselben eine von ihnen ebenfalls unabhängige Respirationsmaschine zu erfinden suchen müsse. Die Natur der matten und bösen Grubenwetter führte mich selbst darauf. Bei weitem die gewöhnlichsten, die matten Wetter sind nur lichttödtend, der Respiration aber weniger schädlich; dagegen andere erstickend und lichttödtend zugleich sind.“

Die Lampe, welche Humboldt construirte, hat eine durchaus einfache Einrichtung. Ein Kasten von Blech ist durch eine horizontale Zwischenwand in zwei Theile getheilt, von denen der obere Wasser, der untere Sauerstoff oder auch nur atmosphärische Luft enthält. Durch einen durchbohrten Hahn kann die Verbindung zwischen beiden Räumen hergestellt, unterbrochen oder in beliebiger Weise regulirt werden. Eine Röhre führt von dem Luftbehälter zur Lampe. Wird nun der Hahn geöffnet, so fällt das Wasser aus dem obern Raume in den untern, nimmt dort den Platz eines Theils Luft ein und diese wird daher durch das Rohr zur Lampe gehen, deren Brennen sie unterhält. Je sparsamer man mit der Zuführung von Luft ist, um so länger wird man ohne neue Füllung des Behälters ausreichen und es ist daher Aufgabe, die austretende Luft möglichst zu benutzen, um möglichst wenig austreten lassen zu müssen. Als beste Vorrichtung erkannte Humboldt diejenige, bei welcher die Luft durch mehrere ganz

enge Löcher in eine nach Argand'schem Principe eingerichtete Lampe bringt; doch reicht auch sie nicht in den sehr bösen Wettern aus, da sie das Licht vor dem Erlöschen zu sichern nicht vermag.

Nach dem Argand'schen Principe wird die Luft in den innern Raum eines Dochtzylinders gebracht und kommt, da sie das Innere der Flamme durchbringt, mit derselben in sehr enge Berührung, wovon der Vortheil herrührt, der ihr die allgemeine Anwendung verschafft hat, in der wir sie jetzt finden. Hat man um die Flamme einen Glaszylinder angebracht, so geht die erwärmte Luft durch denselben in die Höhe, so daß ein starker Zug entsteht, dem die äußere Luft folgt; da sie aber des Glases wegen nicht zur Seite hereinkommen kann, so strömt sie von unten her sowohl an die innere als auch an die äußere Seite des Lichtes, und befördert dadurch das Brennen und Leuchten in hohem Grade. Man wird daher bei einer Argand'schen Lampe beide alsbald abnehmen sehen, wenn man den innern oder den äußern Kanal verstopft. Bei der Lampe Humboldt's wird die atmosphärische Luft in den innern Raum des Zylinders gebracht, an dessen äußere Seite die Grubenluft dringt. Hat diese die Fähigkeit, das Brennen zu unterhalten, auch nur in untergeordnetem Grade, so erlöscht doch darum des Zuschusses wegen, der innen stattfindet, die Lampe noch nicht, wohl aber geschieht dieses, wenn von außen zur Erhaltung der Flamme gar nichts geschieht, wenn die Grubenluft mit Kohlensäure zu sehr überladen, mit Sauerstoff zu wenig versehen ist. Für diesen Fall sorgte Humboldt dadurch, daß er die Flamme, mit einem hohlen Ringe umgab, dessen Inneres mit dem Luftreservoir in Verbindung steht, und der auf seiner innern (gegen die Flamme gekehrten) Seite mit einer großen Anzahl ganz kleiner Löcher versehen ist. Auf diese Weise ist auch für den Zutritt von Luft auf die Außenseite der Flamme gesorgt.

Ist für die Lampe gesorgt, welche die unterirdischen Räume erhellen soll, so bleibt als zweite Aufgabe die Auffuchung des Mittels, welches die Respiration des dort arbeitenden Menschen möglich macht.

Der Bedarf eines Menschen an atmosphärischer Luft ist nicht unbedeutend, nicht so sehr des zu einer einmaligen Einathmung nöthigen Quantum wegen, sondern weil sich letztere so oft wiederholt. Eine Inspiration fordert nach Humboldt 40 Cubitzoll (fast eine Bouteille) Luft und geschieht in einer Minute 18, seltener 17mal, woraus hervorgeht, daß ein Mensch in nicht ganz 2 1/2 Minuten einen ganzen Cubitfuß Luft nothwendig hat. Einmal benutzte Luft läßt sich nicht leicht zweimal einathmen. Die benöthigte Luft nimmt der Mensch in einem Behälter mit sich in den zu besuchenden Ort, der Behälter ist mittelst eines Rohres mit einem Visire ver-

bunden, das man an dem Gesichte befestigt, oder mit einem Mundstücke, das zwischen die Zähne genommen wird. Das Rohr hat eine Gabelung, deren einer Arm gegen den äußern Raum, deren anderer zum Luftfacke führt. In dem ersten Arme ist ein Ventil A, das sich öffnet, wenn man in das Mundstück bläst, in dem zweiten ein solches B, das sich bei dem Saugen öffnet. Hat man das Visir vor dem Gesichte und athmet man ein, so schließt sich A, während die Luft aus dem Sacke durch B in die Lunge kommt; bei dem Ausathmen schließt sich B, öffnet sich A und die ausgeathmete Luft entweicht. Das Material des Luftfackes ist Leder, Wachleinwand oder überfirnißter Taffent.

Die beiden Humboldt'schen Apparate scheinen in neuerer Zeit gänzlich außer Gebrauch gekommen zu sein, doch wäre ihre Anwendung an manchen Orten und zwar nicht nur in Gruben, sondern auch anderwärts, wie z. B. in Kellern, in denen sich gährende Flüssigkeiten befinden, in tiefen Brunnen u. s. w., um so mehr zu empfehlen, als sie in der Gegenwart, wo man ein zu so mancherlei Gebrauch geeignetes Material, wie das Caoutchouc besitzt, bedeutende Verbesserungen zulassen. Es ist möglich, daß die Humboldt'sche Sicherheitslampe neben der Davy'schen vergessen wurde; aber gerade die beiden Lampen completiren sich gegenseitig, denn die Humboldt'sche eignet sich für die matten, die Davy'sche für die schlagenden Wetter.

Humboldt sorgt in seinem Apparate dafür, daß das Licht in der Grube fortbrennt, und seine Lampe ist daher für Localitäten, in denen sauerstoffarme Luft sich befindet, nicht aber für solche, in denen die Luft selbst sich entzündet und mit Explosion verbrennt. Gegen diesen Fall ist keine Vorkehrung getroffen. Im Gegentheile hierzu sorgt Davy gar nicht für die Erhaltung der Flamme in der unterirdischen Gasart, er umgibt aber das Grubenlicht mit einem ganz engen Gitter von Metalldraht, und verhütet dadurch, daß das Feuer von dem Lichte sich über die ganze Grube ausbreitet. In den Steinkohlenbergwerken hat der Bergmann vorzugsweise die schlagenden Wetter zu fürchten; hier nützt ihm die Humboldt'sche Lampe nicht, er muß die Davy'sche ergreifen, dagegen muß er in den übrigen Gruben, die an Sauerstoff Mangel leiden, zur Humboldt'schen Beleuchtung seine Zuflucht nehmen, da die Davy'sche Lampe wie eine gewöhnliche andere erlischt.

## Zweiter Abschnitt.

### Humboldt's Mannesjahre.

1799 — 1828.

#### A. Seine Thätigkeit im Allgemeinen.

In dem ersten Abschnitte von Humboldt's Leben sehen wir in seinen Arbeiten den emsigen Beobachter, der mit jugendlicher Strebbarkeit fort und fort beschäftigt war, den Reichthum menschlichen Wissens zu vermehren, und durch Herbeibringen neuer Bausteine die Aufführung des Gebäudes der Naturkunde zu befördern. Beobachtungen zu machen, und der Natur durch Experimente Fragen vorzulegen, war das Hauptmoment der ersten wissenschaftlichen Arbeiten Humboldt's und erst in der späteren Zeit des ersten Abschnittes bei den Versuchen über die gereizte Muskel- und Nervenfasern sehen wir auch die Anfänge des Bestrebens, aus einer größeren Anzahl von Beobachtungen das Resultat zu ziehen und dieselben von einem gemeinsamen Standpunkte zu betrachten, d. i. die Gesetze zu suchen, nach denen eine größere Anzahl von Erscheinungen sich regelt.

Die Untersuchung des zweiten Abschnittes bietet gegen die des ersten einen nicht zu übersehenden Unterschied. Wir finden zwar auch hier, daß ein großer Theil von Humboldt's Arbeiten den Beobachtungen gewidmet war, aber nebenher tritt das unverkennbare Bestreben hervor, die Gesetze der Erscheinungen aufzusuchen, so daß man ohne großen Fehler annehmen kann, daß die beiden Theile wissenschaftlicher Beschäftigung, die Beobachtung und die Vergleichung der Beobachtungsergebnisse sich das Gleichgewicht halten. Wenn übrigens das Bestreben nach Zusammenfassen einer größeren Anzahl von Thatfachen in dem vorliegenden Lebensabschnitte Humboldt's mehr hervortritt als im ersten, so würde doch der Schluß unzulässig sein, daß ihm die Wissenschaft aus der zweiten Zeit seiner Thätigkeit weniger an Beobachtungen zu verdanken habe, als aus der ersten, denn gerade jetzt kommen wir zu derjenigen Epoche, welche am meisten neues Material lieferte.



Abgesehen davon, daß der zweite Abschnitt unserer Eintheilung eine größere Anzahl von Jahren umfaßt, als der erste, ist noch ein Hauptumstand wohl zu berücksichtigen, die Aufgabe des Naturforschers, sich mit den Arbeiten der Vorgänger vertraut zu machen. Da nämlich jeder Mensch, der ein beliebiges Fach ergreift, mit dessen Anfangsgründen beginnen muß, so nimmt das Studium der bereits vorhandenen Resultate eine nicht geringe Zeit in Anspruch, eine Zeit, die um so bedeutender sein muß, je größere Ausdehnung das gewählte Fach besitzt, oder wenn man, wie wir bei Humboldt sehen, sich nicht auf ein einziges beschränkt, sondern deren eine ganze Reihe betreibt. Die Arbeiten, die wir aus der ersten Epoche des großen Mannes besitzen, sind daher in gewissem Grade nur als die Erübrigungen zu betrachten, die er während seiner Studienzeit machte.

Hat man sich einmal mit dem, was vorhanden ist, bis zu einem gewissen Grade vertraut gemacht, so darf man natürlich nicht unterlassen, die Arbeiten der Mitwelt kennen zu lernen, sich auf dem Laufenden zu erhalten; aber die Zeit, welche hievon in Anspruch genommen wird, ist jetzt geringer als diejenige, welche von dem Erlernen des noch fremden Gegenstandes in Anspruch genommen wurde.

Aus diesem Grunde zeigt auch der gegenwärtige Abschnitt aus Humboldt's Leben in Beziehung sowohl auf die Menge der von ihm herrührenden Beobachtungen, als auch auf die Art, wie er diese selbstständig unter einander verband und anregend auf die Thätigkeit Anderer einwirkte, eine erhöhte Bedeutung.

Den Anfang unseres zweiten Abschnittes macht die Reise Humboldt's nach Amerika.

Schon seit geraumer Zeit hatte ihn die Sehnsucht beherrscht, fremde Länder zu durchforschen, allein die Ausführung dieses Lieblingsplanes ließ lange auf sich warten, weil die Kriege, mit denen das jetzige Jahrhundert begann, ihm fort und fort Hindernisse in den Weg legten. Nachdem seine Absicht, eine Expedition französischer Gelehrter nach Aegypten zu begleiten, durch die Schlacht von Abukir vereitelt worden, bot sich ihm durch Vermittelung des schwedischen Consuls Sciblerdebrand eine neue Gelegenheit, Afrika und Aegypten zu besuchen, und er beschloß daher zugleich mit Bonpland, einem jungen französischen Botaniker (geb. 27. Aug. 1773 zu La Rochelle) davon Gebrauch zu machen, um später mit der Pilgerkarawane nach Mekka und von da über Persien nach Ostindien zu gehen. Die beiden Gefährten reisten demzufolge nach Marseille ab; da aber das Fahrzeug, auf dem sie die Reise machen wollten, nicht dahin kam, beschloffen sie, einstweilen

nach Spanien zu gehen. In Madrid eröffnete sich die Aussicht, die spanischen Colonien in Amerika zu besuchen, der auch in der That bald die königliche Erlaubniß hiezu folgte.

Die Krone von Spanien hielt die schönen Besitzungen, die ihr die Beuteluft der Conquistadoren in Amerika verschafft, mit dem eifersüchtigsten Mißtrauen, denn sich wohl bewußt, wie wenig sie gethan habe, um sich die Zuneigung ihrer dortigen Unterthanen zu erwerben, suchte sie mit ängstlicher Sorgfalt jede Verührung derselben mit Fremden zu verhindern. Seitdem Bouguer und La Condamine in den Jahren 1735—1744 in Peru die Größe des Gradbogens bestimmt hatten, hatte kein Gelehrter, der nicht in Spanien geboren war, die Colonien besuchen dürfen, und unsere beiden Gelehrten durften es als ein großes Glück erachten, daß sie als Ausländer die Erlaubniß erhielten, jene Länder zu Rug und Frommen der Wissenschaft mit völliger Unbeschränktheit zu bereisen. Doch genug! sie bekamen die Genehmigung und segelten auf der Corvette Pizarro am 5. Juni 1799 von Corunna in den Ocean hinaus.

In den folgenden Blättern soll diese Reise kurz skizzirt werden, und um es dem Leser zu ermöglichen, sich von den bereisten Gegenden ein Bild zu machen, werde ich die Beschreibungen einschalten, welche Humboldt von einzelnen derselben macht. Ich werde hiezu theils Humboldt's eigene Werke, die Relation historique und den Text zu dem Atlas pittoresque, theils Hauff's Uebersetzung des ersteren Werkes benutzen.

Glücklich entkam das Schiff der Wachsamkeit der englischen Kreuzer, welche den Verkehr der spanischen Colonien mit dem Mutterlande zu hemmen suchten. Am 19. erreichte der Pizarro die Insel Teneriffa, auf der Halt gemacht und der Pic bestiegen wurde. Das Schiff war nach Cuba und Mexico bestimmt und dahin wollten auch unsere beiden Naturforscher gehen, allein das Ausbrechen einer ansteckenden Krankheit veranlaßte sie, diesen Plan aufzugeben, und bei der ersten sich bietenden Gelegenheit an's Land zu gehen. Diese erste Gelegenheit bot sich in Cumana und Humboldt kam so zu der Reise an den Orinoco, die er ursprünglich gar nicht beabsichtigt hatte. Dem Umstande, daß er sich zuerst an das gesunde Klima von Cumana gewöhnte, schreibt er es zu, daß es ihm möglich wurde, auch die ungünstigsten Landstriche ohne bedeutende Krankheit zu durchwandern. Er selbst sagt hierüber: „Bekanntlich schweben die Europäer in den ersten Monaten, nachdem sie unter den glühenden Himmel der Tropen versetzt worden, in sehr

1) Hauff I. 195.

großer Gefahr. Sie betrachten sich als acclimatisirt, wenn sie die Regenzeit auf den Antillen, in Veracruz oder Carthagena überstanden haben. Diese Meinung ist nicht unbegründet, obgleich es nicht an Beispielen fehlt, daß Leute, die bei der ersten Epidemie des gelben Fiebers durchgekommen, in einem der folgenden Jahre Opfer der Seuche werden. Die Fähigkeit, sich zu acclimatisiren, scheint im umgekehrten Verhältniß zu stehen mit dem Unterschied zwischen der mittlern Temperatur der heißen Zone und der des Geburtslandes des Reisenden oder Colonisten, der das Klima wechselt, weil die Lufttemperatur den mächtigsten Einfluß auf die Reizbarkeit und die Vitalität der Organe äußert. Ein Preuße, ein Pole, ein Schwede sind mehr gefährdet, wenn sie auf die Inseln oder nach Terra Firma kommen, als ein Spanier, ein Italiener und selbst ein Bewohner des südlichen Frankreichs. Für die nordischen Völker beträgt der Unterschied in der mittleren Temperatur 19—21 Grade C., für die südlichen 9—10. Wir waren so glücklich, die Zeit, in der der Europäer nach der Landung die größte Gefahr läuft, im ausnehmend heißen, aber sehr trockenen Klima von Cumana zu verleben, einer Stadt, die für sehr gesund gilt. Hätten wir unsern Weg nach Veracruz fortgesetzt, so hätten wir das Loos mehrerer Passagiere des Patetboots *Ucubia* theilen können, das mit dem Pizarro in die Havana kam, als eben das schwarze Erbrechen auf Cuba und an der Ostküste von Mexico schreckliche Verheerungen anrichtete.“

Am 16. Juli 1799 betraten Humboldt und Bonpland zu Cumana das Festland von Amerika. Von Cumana aus machten sie zwei Ausflüge, den einen nach den Salzwerken von Araya auf der Halbinsel gleichen Namens, den andern nach den Missionen der Chaymasindianer. Auf dem letzteren machten sie Bekanntschaft mit mehreren Eigenthümlichkeiten des neuen Landes, unter denen ich hier nur die Erscheinung des Tropenwaldes und die Einrichtung der Missionen erwähnen will, letztere namentlich darum, weil die Reisenden auf der spätern Reise an den oberen Orinoco vielfach damit in Berührung kamen.

„Wenn“, sagt Humboldt<sup>1)</sup>, „ein eben aus Europa angelkommener Reisender zum erstenmal die Wälder Südamerika's betritt, so hat er ein ganz unerwartetes Naturbild vor sich. Alles was er sieht, erinnert nur entfernt an die Schilderungen, welche berühmte Schriftsteller an den Ufern des Mississippi, in Florida und in andern gemäßigten Ländern der neuen Welt entworfen haben. Bei jedem Schritte fühlt er, daß er sich nicht an den

1) Hauff I, 302.

Grenzen der heißen Zone befindet, sondern mitten darin, nicht auf einer der antillischen Inseln, sondern auf einem gewaltigen Continent, wo Alles riesenhaft ist: Berge, Ströme und Pflanzenmassen. Hat er Sinn für landschaftliche Schönheit, so weiß er sich von seinen manchfaltigen Empfindungen kaum Rechenschaft zu geben. Er weiß nicht zu sagen, was mehr sein Erstaunen erregt, die feierliche Stille der Einsamkeit, oder die Schönheit der einzelnen Gestalten und ihre Contraste, oder die Kraft und Fülle des vegetabilischen Lebens. Es ist, als hätte der mit Gewächsen überladene Boden gar nicht Raum genug zu ihrer Entwicklung. Ueberall verstecken sich die Baumstämme hinter einem grünen Teppiche, und wollte man all die Orchideen, die Pfeffer- und Pothosarten, die auf einem einzigen Heuschreckenbaum, oder amerikanischen Feigenbaum wachsen, sorgsam verpflanzen, so würde ein ganzes Stück Land damit bedeckt. Durch diese verwunderliche Aufeinanderhäufung erweitern die Wälder, wie die Fels- und Gebirgswände das Reich der organischen Natur. — Dieselben Kianen, die am Boden kriechen, klettern zu den Baumwipfeln empor und schwingen sich mehr als hundert Fuß hoch, von einem zum andern. So kommt es, daß, da die Schmarogergewächse sich überall durcheinander wirren, der Botaniker Gefahr läuft, Blüthen, Früchte und Laub, die verschiedenen Arten angehören, zu verwechseln.“

„Wir wanderten einige Stunden im Schatten dieser Wölbungen, durch die man kaum hin und wieder den blauen Himmel sieht. Er schien mir um so tiefer indigoblau, da das Grün der tropischen Gewächse meist einen sehr kräftigen, in's Bräunliche spielenden Ton hat. Zerstreute Felsmassen waren mit einem großen Baumsarn bewachsen, der sich vom *Polypodium arboreum* der Antillen wesentlich unterscheidet. Hier sahen wir zum erstenmal jene Nester in Gestalt von Flaschen oder kleinen Taschen, die an den Ästen der niedrigsten Bäume aufgehängt sind. Es sind Werke des bewunderungswürdigen Bautriebes der Drosseln, deren Gesang sich mit dem heisern Geschrei der Papageien und Aras mischte. Die letzteren, die wegen der lebhaften Farben ihres Gefieders allgemein bekannt sind, flogen nur paarweise, während die eigentlichen Papageien in Schwärmen von mehreren hundert Stücken umherflogen. Man muß in diesen Ländern, besonders in den heißen Theilen der Anden gelebt haben, um es für möglich zu halten, daß zuweilen das Geschrei dieser Vögel das Brausen der Bergströme, die von Fels zu Fels stürzen, übertönt.“

Wie bereits erwähnt, machten unsre Reisenden auf dem Ausfluge zu den Chaymasindianern die erste Bekanntschaft mit den Missionen. Man

bezeichnet mit dem Namen Mision oder Pueblo de Mision eine Anzahl Wohnungen um eine Kirche herum, wo ein Missionär, der zugleich Ordensgeistlicher ist, den Gottesdienst versieht. Die Missionen sind die Vorposten des Christenthums, welche sich am weitesten gegen die Wildniß hin erstrecken und hinter denen dann die Pueblos de Doctrina kommen, die unter Pfarrern stehen. Die Missionen wurden größtentheils von den Jesuiten gegründet, nach deren Vertreibung die Kapuziner, Franziskaner und (besonders am ebern Orinoco) die Observanten sich ihrer bemächtigten. Diese Anstalten bildeten in gewissem Grade einen eigenen Staat im Staate, und wie Humboldt bemerkt, waren Pässe der spanischen Civilbehörde daselbst lange nicht so wirksam, als Empfehlungen der geistlichen Obern, namentlich aber der Guardiane der Klöster, zu denen die Missionen gehören, oder der zu Rom residirenden Ordensgenerale. Der Vorstand der ersten Mission, die Humboldt besuchte, des Dorfes San Fernando, war ein lustiger alter Kapuziner, der bei Betrachtung der Instrumente und Bücher seiner Gäste boshaft lächelnd bemerkte, von allen Genüssen dieses Lebens, den Schlaf nicht ausgenommen, sei doch gutes Kuhfleisch der köstlichste. Der Missionär von Uruana am Orinoco vermuthete hinter der Reise Humboldt's und Bonpland's ganz geheime Absichten, denn er sagte: „Wie soll Einer glauben, daß Ihr Euer Vaterland verlassen habt, um Euch auf diesem Flusse von den Moskitos aufzehren zu lassen, und Land zu vermessen, das Euch nicht gehört?“

Es mögen diese kleinen Notizen dazu dienen, um die Mehrzahl der Leute zu charakterisiren, mit denen Humboldt und Bonpland außer den Indianern fast ausschließlich zu verkehren hatten.

Die Namen der Missionen in Südamerika bestehen sämmtlich aus zwei Worten, von denen das erste nothwendig ein Heiligennamen ist (der Name des Schutzpatrons der Kirche), das zweite indianisch (der Name des Volks, das hier lebt, oder der Gegend, wo die Mission liegt). So sagt man: San Jose de Máypures, Santa Cruz de Cachipo, San Juan-Nepomuceno de los Atures &c. Diese zusammengesetzten Namen kommen aber nur in der amtlichen Sprache vor; die Einwohner brauchen nur einen, meist, wenn er wohlklingend ist, den indianischen. Benachbarten Orten kommen oft dieselben Heiligennamen zu, und dadurch entsteht in der Geographie eine heillose Verwirrung. Die Namen San Juan, San Pedro, San Diego sind wie auf Gerathewohl auf unsern Karten umhergestreut.

Von Cumana, wo die beiden Freunde am 4. November die erste Bekanntschaft mit Erdstößen machten, gingen sie zur See nach Caracas, dem

damaligen Siege des spanischen Generalgouverneurs, der jetzigen Hauptstadt der Republik Venezuela, die damals blühte, aber im Jahre 1812 von einem Erdbeben zerstört wurde. Der 2. Januar 1800 wurde zur Erstiegung der 8000 Fuß hohen Silla bei Caracas benützt, und am 7. Februar die Reise nach dem Drinoco fortgesetzt. Der Weg führte durch eine romantische Alpenlandschaft nach Neuvalencia, bei Porto Cabello abermals an's Meer und von da südwärts nach Calabojo. Letztere Stadt liegt nicht mehr im Gebirge, sondern in den Planos von Caracas. Diese Planos bilden den stärksten Contrast gegen das Gebirge, denn so weit das Auge reicht, gewahrt man keine Erhebung des Bodens, der erst bei genauerer Untersuchung kleine Niveauverschiedenheiten von wenigen Fuß zeigt. Während der trockenen Jahreszeit im Allgemeinen den vegetationslosen Wüsten Africa's und Asiens nicht sehr unähnlich, wandeln sie sich während der Regenzeit in ein prachtvolles Weideland um, das, wenn es auch mitunter weit und breit überschwemmt ist, nichtsdestoweniger einer Anzahl vermilderter Pferde und Rinder zum Aufenthaltsorte dient. Trotz der oben erwähnten Ähnlichkeit zeigt sich zwischen den Planos und den eigentlichen Wüsten auch während der trockenen Jahreszeit der große Unterschied, daß sich in ersteren eine große Anzahl von Flüssen befinden, die der geringen Niveauverschiedenheiten des ganzen Landes wegen mannfache Verästelungen bieten. Das Gebiet des untern Drinoco ist zum großen Theile von diesen Ebenen gebildet.

Die Landreise über die Planos fand am 28. März ihr Ende; es begann die 3 Monate dauernde Reise zu Schiffe, oder vielmehr im Boote, den Apure, einen Nebenfluß des Drinoco, bis zu seiner Mündung bei Encaramada hinab, und dann den Drinoco hinauf.

„Von Diamante“ an, sagt Humboldt,<sup>1</sup> „betritt man ein Gebiet, das nur von Tigern, Krokodilen und Chiguire, einer großen Art von Finne's Gattung Cavia, bewohnt ist. Hier sahen wir dicht gedrängte Vogelschwärme sich vom Himmel abheben wie eine schwärzliche Wolke, deren Umrisse sich in jedem Augenblick verändern. Der Fluß wird allmählig breiter. Das eine Ufer ist meist dürr und sandig in Folge der Ueberschwemmungen, das andere ist höher und mit hochstämmigen Bäumen bewachsen. Hin und wieder ist der Fluß zu beiden Seiten bewaldet und bildet einen geraden, 150 Toisen breiten Canal. Die Stellung der Bäume ist sehr merkwürdig. Vorne sieht man Büsche von *Sauso* (*Hermesia castaneifolia*), die gleichsam eine 4 Schuh hohe Hecke bilden und es ist, als wäre diese künstlich beschnitten. Hinter die-

1) Gauff III, 23.

fer Seele kommt ein Gebüß von Cedrela, Braßilholz und Gayac. Die Palmen sind ziemlich selten; man sieht nur hie und da einen Stamm der Corozo- und der stacheligen Piritupalme. Die großen Vierfüßer dieses Landstrichs, die Tiger, Tapire und Pecarischweine, haben Durchgänge in die eben beschriebene Sausohede gebrochen, durch die sie zum Trinken an den Strom gehen. Da sie sich nicht viel daraus machen, wenn ein Canoe herbeikommt, hat man den Genuß, sie langsam am Ufer hinschleichen zu sehen, bis sie durch eine der schmalen Lücken im Gebüß im Walde verschwinden. Ich gestehe, diese Auftritte, so oft sie vorkamen, behielten immer einen großen Reiz für mich. Die Lust, die man empfindet, beruht nicht allein auf dem Interesse des Naturforschers, sondern daneben auf einer Empfindung, die allen im Schooße der Cultur aufgewachsenen Menschen gemein ist. Man sieht sich einer neuen Welt, einer wilden, ungezähmten Natur gegenüber. Bald zeigt sich am Gestade der Jaguar, der schöne amerikanische Panther; bald wandelt der Hocco (Crax alector) mit schwarzem Gefieder und dem Federbusch langsam an der Uferhede hin. Thiere der verschiedensten Klassen lösen einander ab. „Es como in el Paraiso“ (es ist wie im Paradies) sagte unser Steuermann, ein alter Indianer aus den Missionen. Und wirklich, alles erinnert hier an den Urzustand der Welt, dessen Unschuld und Glück uralte ehrwürdige Ueberlieferungen allen Völkern vor Augen stellen; beobachtet man aber das gegenseitige Verhalten der Thiere genau, so zeigt es sich, daß sie einander fürchten und meiden. Das goldene Zeitalter ist vorbei und in diesem Paradies der amerikanischen Wälder, wie aller Orten, hat lange traurige Erfahrung allen Geschöpfen gelehrt, daß Sanftmuth und Stärke selten beisammen sind.“

Bei dem Eintritte in den Orinoco ändert sich die Landschaft.

„Mit der Ausfahrt aus dem Apure<sup>1</sup> sehen wir uns in ein ganz anderes Land versetzt. So weit das Auge reicht, dehnte sich eine ungeheure Wasserfläche, einem See gleich, vor uns aus. Das durchbringende Geschrei der Reiher, Flamingo's und Löffelgänse, wenn sie in langen Schwärmen von einem Ufer zum andern ziehen, erfüllte nicht mehr die Luft. Vergeblich sahen wir uns nach den Schwimmbügeln um, deren gewerbsmäßige Listen bei jeder Sippe wieder andere sind. Die ganze Natur schien weniger belebt. Kaum bemerkten wir in den Buchten der Wellen hie und da ein großes Krokobil, das mittelst seines langen Schwanzes die bewegte Wasserfläche schief durchschneidet. Der Horizont war von einem Waldgürtel begrenzt, aber nir-

1) Gauß III, 51.

gends traten die Wälder bis an's Strombett vor. Breite, beständig der Sonnengluth ausgelegte Ufer, kahl und dürr wie der Meeresstrand, gleichen in Folge der Luftspiegelung von weitem Lachen stehenden Wassers. Diese sandigen Ufer verwischten vielmehr die Grenzen des Stromes, statt sie für das Auge festzustellen; nach dem wechselnden Spiel der Strahlenbrechung rückten die Ufer bald mehr heran, bald wieder weit weg."

„Diese zerstreuten Landschaftszüge, dieses Gepräge von Einsamkeit und Großartigkeit kennzeichnen den Lauf des Drinoco, eines der gewaltigsten Ströme der neuen Welt. Aller Orten haben die Gewässer, wie das Land, ihren eigenthümlichen, individuellen Charakter. Das Bett des Drinoco ist ganz anders als die Betten des Meta, des Guaviare, des Rio Negro und des Amazonenstromes. Diese Unterschiede rühren nicht blos von der Breite und der Geschwindigkeit des Stromes her; sie beruhen auf einer Gesamtheit von Verhältnissen, die an Ort und Stelle leichter aufzufassen als zu beschreiben sind. So erriethe ein erfahrener Schiffer schon an der Form der Wogen, an der Farbe des Wassers, am Aussehen des Himmels und der Wolken, ob er sich im atlantischen Meer, oder im Mittelmeer, oder im tropischen Strich des großen Oceans befindet."

In einem verhältnißmäßig bequemen Boote waren die Reisenden am 9. April in Pararuma angekommen. Da der indianische Steuermann den Drinoco weiter hinauf nicht kannte, weigerte er sich, weiter zu fahren und man mußte sich daher um ein anderes Fahrzeug umsehen. Mit Hilfe der Missionäre wurde ein solches auch gefunden, doch bot dieses gegen das bisherige einen bedeutenden Contrast.

Es möge mir gestattet sein, nachstehend die Schilderung, die Humboldt<sup>1)</sup> von dieser Fahrt machte, anzuführen, um zu zeigen, wie weit die Reise entfernt war, eine Vergnügungstour zu sein, und welche Opfer er und Bonpland sich zu Nutz und Frommen der Wissenschaft auferlegten.

„Nur schwer gewöhnten wir uns an die neue Pirogue, die uns eben ein neues Gefängniß war. Um an Breite zu gewinnen, hatte man auf dem Hintertheile des Fahrzeugs aus Baumzweigen eine Art Gitter angebracht, das auf beiden Seiten über Bord hinausreichte. Leider war das Blätterdach (el toldo) darüber so niedrig, daß man gebückt sitzen oder ausgestreckt liegen mußte, wo man dann nichts sah. Da man die Piroguen durch die Stromschnellen, ja von einem Fluß zum andern schleppen muß, und weil man dem Winde zu viel Fläche böte, wenn man den Toldo höher machte, so kann auf

1) Gauff III, 106.



den kleinen Fahrzeugen, die zum Rio Negro hinauf gehen, die Sache nicht anders eingerichtet werden. Das Dach war für vier Personen bestimmt, die auf dem Verdeck oder dem Gitter aus Baumzweigen lagen; aber die Beine reichen weit über das Gitter hinaus, und wenn es regnet, wird man zum halben Leibe durchnäßt. Dabei liegt man auf Ochsenhäuten oder Tigerfellen und die Baumzweige darunter drücken einen durch die dünne Decke gewaltig. Das Vordertheil des Fahrzeugs nehmen die indianischen Ruderer ein, die drei Fuß lange, löffelförmige *Pagayos* führen. Sie sind ganz nackt, sitzen paarweise und rudern im Takt, den sie merkwürdig genau einhalten. Ihr Gesang ist trübseelig, eintönig. Die kleinen Käfige mit unsern Vögeln und Affen, deren immer mehr wurden, je weiter wir kamen, waren theils am Tolbo, theils am Vordertheil aufgehängt. Es war unsere Reisemenagerie. Obgleich viele der kleinen Thiere durch Zufall, meist aber am Sonnenstich zu Grunde gingen, hatten wir ihrer bei der Rückkehr vom Cassiquiare noch vierzehn. Naturaliensammler, die lebende Thiere nach Europa bringen wollen; könnten sich in Angostura und Gran-Para, den beiden Hauptstädten am Orinoco und Amazonenstrom, eigens für ihren Zweck Piroguen bauen lassen, wo im ersten Drittheil zwei Reihen gegen die Sonnengluth geschützter Käfige angebracht wären. Wenn wir unser Nachtlager aufschlugen, befanden sich die Menagerie und die Instrumente immer in der Mitte; ringsum kamen sofort unsere Hängematten, dann die der Indianer, und zu äußerst die Feuer, die man für unentbehrlich hielt, um den Jaguar fern zu halten. Um Sonnenaufgang stimmten unsere Affen in das Geschrei der Affen im Walde ein. Dieser Verkehr zwischen Thieren derselben Art, die einander zugethan sind, ohne sich zu sehen, von denen die einen der Freiheit genießen, nach der die andern sich sehnen, hat etwas Wehmüthiges, Rührendes. Auf der überfüllten, keine drei Fuß breiten Pirogue blieb für die getrockneten Pflanzen, die Koffer, einen Sextanten, den Inclinationscompaß und die meteorologischen Instrumente kein Platz, als der Raum unter dem Gitter aus Zweigen, auf dem wir den größten Theil des Tages ausgestreckt liegen mußten. Wollte man irgend etwas aus dem Koffer holen, oder ein Instrument gebrauchen, mußte man an's Ufer fahren und aussteigen. Zu diesen Unbequemlichkeiten kam noch die Plage der Moskitos, die unter einem so niedrigen Dache in Schaaren hausen, und die Hitze, welche die Palmblätter ausstrahlen, deren obere Fläche beständig der Sonnengluth ausgesetzt ist. Jeden Augenblick suchten wir unsere Lage erträglicher zu machen, und immer vergeblich. Während der eine sich unter ein Tuch steckte, um sich vor den Insekten zu schützen, verlangte der andere, man solle grünes Holz unter

dem Toldo anzünden, um die Mücken durch den Rauch zu vertreiben. Wegen des Brennens der Augen und der Steigerung der ohnehin erstickenden Hitze war das eine Mittel so wenig anwendbar als das andere.“

Bis Pararuma hatten die beiden Reisenden nur den Unterlauf des Orinoco gesehen: nunmehr sollte sich ihnen dessen Mittellauf anschließen.

Nach dem großen Geographen Carl Ritter lassen sich bei den einzelnen Strömen der Erde drei verschiedene Typen nachweisen, die er den obern, mittlern und untern Lauf derselben nennt.<sup>1</sup>

Der Oberlauf des Stromes hat seinen Platz im Hochgebirge und zeichnet sich aus durch die starke Neigung der Wasserrinne, in der das flüssige Element mit größter Eile dahin strömt. Charakteristisch für diesen Theil ist der Mangel eines eigentlichen Flußbettes, denn das Wasser hat nur einen unbedeutenden Einfluß auf das Relief des Landes, es zwingt sich daher durch die von den Felsen übrig gelassenen tiefsten Stellen der Thäler hindurch, und wird dadurch sehr häufig zu den den Oberlauf besonders auszeichnenden plötzlichen Biegungen veranlaßt, worauf wieder abnorme Erweiterungen von Seen folgen. Im Oberlaufe ist der Ort der größeren Wasserfälle. Bei dem Austritte aus dem Gebirge sehr oft nach dem plötzlichen Falle über eine beträchtliche Höhe herab, oder nach einer bedeutenden Einschnürung, einer Klemme, Stromenge u. s. w., den letzten Denzetteln, welche das Wasser von den Steinen bekommt, beginnt der Mittellauf. Hier sind die Seen verschwunden, das Wasser zieht in ruhigerem Laufe über weniger geneigte Flächen hin, in denen man sehr leicht den Weg desselben als Flußbett unterscheiden kann und die scharfen Wendungen der Stromesrichtungen haben den Serpentinien oder dem Schlangenlaufe, der Charakterform des Mittellaufes, Platz gemacht. Sehr häufig sind die hier durchzogenen Flächen die Boden ehemaliger Seen, die jetzt verschwunden sind, weil das Wasser an einer Stelle abließ, indem es eine es beschränkende Gebirgskette durchbrach. Manche Flüsse zeigen mehrere solche ehemalige Seebecken hinter einander, und die Durchbruchstellen sind durch den Wasserfällen, Klemmen u. s. w. analoge Stellen bezeichnet, die man unter den Namen Strudel, Klippen, Rapides (franz.), Raudales Salto (span.) kennt, und die der Schifffahrt so viele Hindernisse in den Weg legen. Nach den letzten Schnellen beginnt der Unterlauf, in welchem das Wasser auf der fast horizontalen Unterlage sich nur träge und dem Drucke der von oben kommenden Zugänge gehorchend, vorwärts schiebt. Der Wi-

1) Einleitung zur allgemeinen vergleichenden Geographie und Abhandlungen zur Begründung einer mehr wissenschaftlichen Behandlung der Erbkunde S. 91.

verstand, den das Land dem Strome jetzt bietet, ist im Gegensatze zum Oberlaufe sehr gering, und während das Wasser oben sich ganz nach der Form der Felsen richten mußte, geht es unten fast nur selbstgeschaffenen Hindernissen aus dem Wege. Diese Hindernisse rühren von dem Schlamm her, den das fast stehende Wasser fallen ließ, und indem die nachfolgende Flüssigkeit den abgelagerten Bänken ausweicht, kommen Gabelungen zum Vorschein, wodurch die Entstehung der Delta's, die Charakterform des Unterlaufs, bedingt wird.<sup>1</sup>

Nehmen wir als Beispiel dieser Formen den Lauf des Rheins, so zeigt der Fluß im Oberlaufe die Einschnürung der *Via mala*, die Erweiterung als Bodensee, den Wasserfall bei Schaffhausen. Dort verläßt der Fluß den Oberlauf und der ehemalige See, das Großherzogthum Baden beginnt; die Stromschnellen sind unterhalb Straßburg, am Bingerloch, bei St. Goar, unter Andernach. Nun fängt der Unterlauf an und unterhalb Pannerden theilt sich der Fluß, wodurch das Delta, die niederländischen Provinzen Gelderland, Utrecht, Nord- und Südholland, zum Vorschein kommt.

Doch kehren wir zu Humboldt und Bonpland zurück! Sie waren jetzt an den *Raudales* des *Orinoco* angekommen, derselben Bildung, der bei dem Rheine die Stromschnellen des Bingerloches, von Andernach u. s. w., oder bei dem Nile die bekannten Cataracten entsprechen, und aus diesem Grunde mußte auch ein anderes Schiff und andere Bemannung genommen werden, da die Befahrung der fraglichen Stellen jedesmal Ortskenntniß voraussetzt. Während die Schifffahrt unter dem Einflusse der Stromschnellen bedeutend leidet, gewinnt der malerische und romantische Charakter der Gegend, welche sich von dem monotonen Unterlaufe sehr vortheilhaft unterscheidet, und wir verdanken Humboldt in seinen „Ansichten der Natur“ eine meisterhafte Beschreibung der *Raudales* des *Orinoco*. In seinem Reiseberichte sagt er hierüber<sup>2</sup>: „Nur an sehr wenigen Punkten konnten wir in den *Orinoco* gelangen, um zwischen zwei Wasserfällen, in Buchten, wo das Wasser langsam kreist, zu baden. Auch wer sich in den Alpen, in den Pyrenäen, selbst in den *Corbilleren* aufgehalten hat, so viel berufen wegen der

1) Bei dem *Orinoco* treten zwar noch unter der von den beiden Reisenden bis jetzt befahrenen Strecke, nämlich bei *Angostura* (woher dessen Name), die Ufer ziemlich nahe zusammen und man könnte geneigt sein, den Beginn des Unterlaufes dorthin zu verlegen, doch glaube ich aus dem allgemeinen Charakter, den der Strom nach Humboldt's Beschreibung bis *Pararuma* aufwärts hat dort das Ende des Mittellaufes annehmen zu können.

2) Gauß III, 171.

Zerrissenheit des Bodens und der Spuren von Zerstörung, denen man bei jedem Schritte begegnet, vermöchte nach einer bloßen Beschreibung sich vom Zustande des Strombettes hier nur schwer eine Vorstellung zu machen. Auf einer Strecke von mehr als fünf Seemeilen laufen unzählige Felsdämme quer darüber weg, eben so viele natürliche Wehre, eben so viele Schwellen, ähnlich denen im Dnieper, welche bei den Alten Phragmoi hießen. Der Raum zwischen den Felsdämmen im Orinoco ist mit Inseln von verschiedener Größe gefüllt; manche sind hügelig, in verschiedene runde Erhöhungen getheilt und 200 bis 300 Toisen lang, andere klein und niedrig, wie bloße Klippen. Diese Inseln zerfallen den Fluß in zahlreiche reisende Betten, in denen das Wasser sich kochend an den Felsen bricht; alle sind mit Jagua- und Cucuritopalmen mit federbuschförmigem Laub bewachsen, ein Palmendickicht mitten auf der schäumenden Wasserfläche. Die Indianer, welche die leeren Piroguen durch die Raubales schaffen, haben für jede Staffel, für jeden Felsen einen eigenen Namen. Von Süden her kommt man zuerst zum Salto del Piapoco, zum Sprung des Tucans; zwischen den Inseln Avaguri und Javariveni ist der Raubal de Javariveni. Hier verweilten wir auf unserer Rückkehr von Rio Negro mehrere Stunden mitten in den Stromschnellen, um unser Canoe zu erwarten. Der Strom scheint zu einem großen Theil trocken zu liegen. Granitblöcke sind auf einander gehäuft, wie in den Moränen, welche die Gletscher in der Schweiz vor sich herschieben. Ueberall stürzt sich der Fluß in die Höhlen hinab, und in einer dieser Höhlen hörten wir das Wasser zugleich über unsern Köpfen und unter unsern Füßen rauschen. Der Orinoco ist wie in eine Menge Arme oder Sturzbäche getheilt, deren jeder sich durch die Felsen Bahn zu brechen sucht. Man muß nur staunen, wie wenig Wasser man im Flußbett sieht, über die Menge Wasserstürze, die sich unter dem Boden verlieren, über den Donner der Wasser, die sich schäumend an den Felsen brechen.

Cuncta fremunt undis; ac multo murmure montis  
Spumens invictis canescit fluctibus amnis.

(Lucan. Phars. X, 132.)

„Ist man über den Raubal Javariveni weg (ich nenne hier nur die wichtigsten der Fälle), so kommt man zum Raubal Canucari, der durch eine Felsbank zwischen den Inseln Surupamana und Uirapuri gebildet wird. Sind die Dämme oder natürlichen Wehre nur zwei, drei Fuß hoch, so wagen es die Indianer, im Canoe hinabzufahren. Flußaufwärts schwimmen sie voraus, bringen nach vielen vergeblichen Versuchen ein Seil um eine der Felsspitzen über dem Damm und ziehen das Fahrzeug am Seil auf die Höhe

des Raubdals. Während dieser mühseligen Arbeit füllt sich das Fahrzeug häufig mit Wasser; anderemale zerfällt es am Felsen, und die Indianer, mit zer schlagenem, blutendem Körper, reißen sich mit Noth aus dem Strudel und schwimmen an die nächste Insel. Sind die Felsstufen oder Schwellen sehr hoch und versperren sie den Strom ganz, so schafft man die leichten Fahrzeuge an's Land, schiebt Baumäste als Walzen darunter und schleppt sie bis an den Punkt, wo der Fluß wieder schiffbar wird. Bei Hochwasser ist solches selten nöthig. Spricht man von den Wasserfällen des Orinoco, so denkt man von selbst an die Art und Weise, wie man in alter Zeit über die Cataracten des Nil herunterfuhr; wovon uns Seneca eine Beschreibung hinterlassen hat, die poetisch, aber schwerlich richtig ist. Ich führe eine Stelle an, die vollkommen vergegenwärtigt, was man in Aures, Mappures, und in einigen Bongos des Amazonenstromes alle Tage sieht. „Je zwei mit einander besteigen kleine Rachen, und einer lenkt das Schiff, der andere schöpft es aus. Sodann, nachdem sie unter dem reißenden Toben des Nil und den sich begegnenden Wellen tüchtig herumgeschaukelt worden sind, halten sie sich endlich an die seichtesten Kanäle, durch die sie den Engpässen der Felsen entgehen, und mit der ganzen Strömung niederstürzend, lenken sie den schießenden Rachen.“

Die Ströme der alten Welt haben in der Regel eine bestimmte Richtung, nach der sie fließen, und die sie, wenn sie auch mitunter davon abweichen, doch im Allgemeinen einhalten. So hat z. B. unser Rhein eine entschiedene Südnordrichtung, während die Donau von West nach Osten geht. Dieses Verhalten beobachten auch die fließenden Wasser des neuen Continentes; so geht der Amazonenstrom wie die Donau von West nach Ost, der Mississippi zieht von Nord nach Süd und ist erst nahe der Mündung in seinem Delta nach Osten abgelenkt. Zieht man auf der Landkarte von der Quelle eines Stromes eine gerade Linie zu seiner Mündung, so wird seine Bahn allerdings bald auf der einen, bald auf der andern Seite derselben liegen, aber es ist kaum ein Strom, der einen so großen Bogen beschreibt und so weit von der Geraden abweicht, als der Orinoco. Man findet an diesem vorzugsweise zwei Biegungen, in denen er seinen Lauf fast um einen rechten Winkel ändert. Zuerst geht er nahezu östlich bis San Fernando de Atabapo, dann nördlich bis Encaramada und endlich ostnordöstlich bis zu seiner Mündung und umfaßt so im Allgemeinen den unter dem Namen Corbillere von Parime bezeichneten Gebirgscomplex.

Wenn soeben angedeutet wurde, daß die Minnsale großer Ströme von den geraden Linien nicht sehr weit abweichen, so darf nicht übersehen werden,

daß, wenn man den Lauf eines Stromes rückwärts verfolgt, bis ein beliebiger Nebenfluß in denselben einmündet, und dann in diesem bis zu den Quellen aufwärts geht, so bedeutende Krümmungen zum Vorschein kommen können, wie dieses bei dem Drinoco der Fall ist. Hat nun letzterer eine sehr große Biegung, so entsteht die Frage, ob es nicht ein jetzt als Nebenfluß angenommenes untergeordnetes Glied des Drinocsystems gebe, welches als Hauptglied betrachtet, dem ganzen Strome eine annähernd gerade Richtung des Ganzen hervorbringen würde, oder mit andern Worten, ob nicht der obere, jetzt Drinoco genannte Theil des Stromes eigentlich nur ein Nebenfluß, ein anderer jetziger Nebenfluß der eigentliche Stamm sei.

Derartige Verwechslungen sind auf der Erde öfters vorhanden. Wenn nämlich irgendwo auf der Erde zwei fließende Wasser sich vereinen, so muß entschieden werden, welcher Name dem vereinigten Flusse gegeben werden soll. Das natürlichste ist, daß man den Namen desjenigen Flusses beibehält, der die größere Wassermasse hat, oder dessen, der bereits am weitesten von seinen Quellen entfernt ist, oder endlich dessen, der eine Richtung hat, welche mit der des vereinigten Stromes nahezu oder ganz zusammenfällt. In der Regel vereinigen sich alle drei Kriterien, und man kann daher nicht im Zweifel sein, welcher Name aufzuhören habe; doch zeigen sich auch Ausnahmen. Was z. B. die Wassermenge anbelangt, so sollte die Donau unterhalb Passau nicht Donau, sondern Inn heißen, aber hier hat entschieden, daß der Fluß unterhalb Passau nicht die Richtung des Inn, sondern der Donau oberhalb des Zusammenflusses hat. Dasselbe Verhältniß wiederholt sich bei der Moldau und der Elbe. In größeren Ländern, die durch Seefahrten entdeckt wurden, wie Amerika, ist die Unsicherheit noch größer. Man macht z. B. die Beobachtung, daß an irgend einer Stelle ein Strom in das Meer mündet, der einen gewissen Namen führt. Eine spätere Landexpedition kommt an einen Fluß, der etwa gegen die Stelle fließt, in der die beobachtete Mündung liegt, und man gibt dem Flusse nun den bereits bekannten Namen, denn bei den geringen geographischen Kenntnissen der Eingebornen ist genaue Auskunft darüber, ob der Fluß im Binnenlande derselbe sei, der an gegebener Stelle in's Meer läuft, nicht zu erwarten. Dieser Name erhält Geltung in allen Karten der Gegend, und wenn sich in späterer Zeit auch herausstellt, daß das im Binnenlande gefundene Wasser eigentlich der Nebenfluß ist, so bleibt ihm doch der Name und, wenn man will, der Rang des Hauptstromes. So ist es bei dem Mississippi gegangen, der eigentlich Missouri heißen sollte. Auch der obere Theil des Drinoco (der jedoch im Lande selbst den Namen Rio Paragua führt) hat auf unsern Karten, wie Humboldt (Voyage II, 403) angibt, den

Namen *Drinoco* mit Unrecht. Bei *San Fernando de Atabapo* vereinigt sich dieser *Rio Paragua* oder *Drinoco* mit dem *Atabapo*, der etwas früher den *Guaviare* aufgenommen hat. Diesen *Guaviare*, der an der Ostküste der *Cordilleren* von *Neugranada* entspringt, hält *Humboldt* für den eigentlichen Hauptstrom, der sohin durch doppeltes Unrecht zu einem Flusse dritten Ranges geworden ist. Der Lauf des *Guaviare* als Oberlauf des *Drinoco* genommen, würde die Annäherung des ganzen Stromlaufes zur geraden Linie zum Vorschein bringen, die alsdann statt der bisherigen Krümmung eine ausgesprochene Richtung von Südwest nach Nordost bekäme. Der *Guaviare* ist wasserreicher als der *Atabapo*. Letzterer hat schwarzes Wasser, ersterer wie der vereinigte Fluß weißes. Bei *San Fernando* ist der *Atabapo* = *Guaviare* wieder wasserreicher als der *Rio Paragua* (genannt *Drinoco*). Der *Rio Paragua* hat reineres und durchsichtigeres Wasser als der *Drinoco* unter *San Fernando*, der hierin dem *Guaviare* gleichkommt, und ebenso ist nach dem Geschmackorgane der Indianer, das *Humboldt* als ein sehr gekühtes angibt, das *Guaviare*wasser ganz dem des untern *Drinoco* gleich, während sich der obere *Drinoco* und der *Atabapo* davon unterscheiden. Auch die Thierwelt des *Guaviare* entspricht der des untern *Drinoco* besser als die des *Rio Paragua*, denn die den ersteren beiden Flüssen gemeinschaftlichen großen *Krokodile* und *Delphine* fehlen dem letzteren gänzlich.

Nichts desto weniger hält *Humboldt* für angemessen, die einmal allerwärts eingeführten Namen beizubehalten, als durch Aenderungen unzeitig Mißverständnisse hervorzurufen. Folgen wir seiner Ansicht, so ist die Strecke, welche die beiden Reisenden bisher auf dem *Drinoco* befuhren, der mittlere oder südnördliche der obigen drei Theile des Stromes. In dieser befinden sich die *Kaudales*, oberhalb deren der Strom einen ganz ruhigen Lauf hat, auf einer Strecke von 160 Meilen bis nahe an seine Quellen durch Schnellen und Fälle nicht mehr unterbrochen wird und der Schifffahrt keine Hindernisse mehr in den Weg legt. Diesen ruhigen Theil befuhren jedoch die Reisenden für jetzt nicht ganz, sondern verließen den Strom, um in seinem Nebenflusse, dem *Atabapo* und dessen untergeordneten Gliedern, dem *Temi* und *Tuamini* südwärts fortzugehen. Bei *Javita* errichteten sie einen Trageplatz.

Nennt man das ganze Gebiet, aus dem das Wasser nach und nach zusammensießt, um einen Strom zu bilden, das Gebiet des letzteren, so wird, wenn man auf der Landkarte das jedem Strome gehörende Gebiet anzeichnet, der feste Theil der Erdoberfläche in eine Anzahl von hydrographischen Reichthümern vertheilt werden. Die Grenzen dieser Gebiete müssen an solchen Stellen

sein, wo bei zwei einander nahe gelegenen Punkten das Wasser, je nachdem es in ein Gebiet gehört, nach verschiedenen Richtungen fließt, und darum werden diese Gegenden auch Wasserscheiden genannt.

Im Allgemeinen, doch nicht ausnahmslos, kann man annehmen, daß die Rämme der Gebirge auch zugleich Wasserscheiden sind, denn die Flüsse haben daselbst ihre Quellen und die der einen Seite entfernen sich von denen der andern. Theils der geringen Mächtigkeit der Wasser wegen, die wir dort finden, denn es ist da der Quellenbezirk, theils wegen des großen Gefälles und der dadurch bedingten raschen Bewegung des flüssigen Elements hört alle Schifffahrt in jenen Gegenden auf. Dieses ist jedoch nicht an der ganzen Grenze des Stromgebietes der Fall, denn es wäre dasselbe nur möglich, wenn ein Gebirge das ganze Gebiet umsäumen würde. Es muß daher außerhalb der Berge Stellen geben, wo nur ganz geringe Niveauverschiedenheiten zwei Stromgebiete trennen, und wenn zwei größere Massen fließenden Wassers einander nahe und nur durch geringe Höhen getrennt sind, so ist es möglich, durch Kunst zu vermitteln, was die Natur versagte, und mit kleineren Fahrzeugen aus dem einen Strome in den andern zu kommen. In civilisirten Ländern sind hier die Stellen, an denen sich die Canäle am meisten empfehlen, während da, wo der Verkehr geringer ist, Trageplätze zum Vorschein kommen. Man bringt das Schiff, das den einen Fluß möglichst weit aufwärts gefahren ist, an's Land, transportirt es zum andern Wasser und kommt so abwärts fahrend nach und nach in den Nachbarstrom.

Die flachen Wasserscheiden sind auf der Erde nicht eben selten; sie finden sich vorzugsweise in jenen Ländern, die bei großer Ausdehnung bedeutender Gebirge entbehren. So haben wir im europäischen Rußland eine große Anzahl von Stellen, an denen sich mit verhältnißmäßig geringer Mühe Canäle anbringen lassen konnten, die gegenwärtig wesentlichen Einfluß auf den dortigen Verkehr ausüben. In Sibirien sind die Durchstiche noch nicht gemacht, dort sind noch Trageplätze.

Der Trageplatz bei Javita, bei dem, wie oben erwähnt, Humboldt und Bonpland auf dem Tuamini angelangt waren, trennt die Stromgebiete des Orinoco und des Amazonenstromes, denn über ihn kommt man zu dem Pimichin, einem Nebenfluß des Rio Negro, der seinerseits in den Amazonenstrom fließt.

Die ganze Gegend ist dichter undurchdringlicher Wald, so daß fast alle Communication nur mit Hülfe der Flüsse hergestellt werden kann. So bietet nach Humboldt der Wald zwischen Javita und dem Pimichin eine ungeheure Masse der verschiedensten riesenmäßigen Bäume von 100 bis 110 Fuß



Höhe. „Ihre Stämme“, sagt er<sup>1</sup>, „treiben Zweige erst nahe an dem Gipfel und wir hatten Mühe, uns gleichzeitig Blätter und Blüthen zu verschaffen. Oft waren letztere am Fuße des Baumes auf dem Boden herum gestreut, weil aber in diesen Wäldungen die Gewächse der verschiedensten Familien vereint sind und jeder Baum mit Lianen bedeckt ist, so schien es unräthlich, sich auf die bloße Angabe der Eingebornen zu verlassen, wenn sie uns versicherten, diese oder jene Blüthe gehöre zu dem und dem Stamme. Witten in diesem Reichthume der Natur verursachte uns unser Pflanzensammeln mehr Verdruß als Genußthaug, denn was wir sammelten, schien uns von untergeordnetem Interesse gegen das, was wir nicht erreichen konnten. Seit mehreren Monaten regnete es, und Bonpland verlor den größern Theil der Exemplare, die er mit Hilfe von künstlicher Wärme zu trocknen bemüht war. Die Indianer benannten ihrer Gewohnheit nach die Bäume, indem sie das Holz lauten; Blätter unterschieden sie leichter als Blumen und Früchte. Beschäftigt, Bauholz (zur Anfertigung von Piroguen) zu suchen, beachten sie die Blüthenverhältnisse nur wenig. „Alle diese großen Bäume tragen weder Blüthen noch Früchte“, war der beständige Refrain der Indianer. Wie die Botaniker des Alterthums verneinten sie, was zu beobachten sie sich nicht die Mühe gegeben hatten.“

Die gerade Entfernung der beiden letzten schiffbaren Flüsse auf dem Trageplatze beträgt nach Humboldt weniger als 6000 Toisen. Javita liegt 30—40 Toisen höher als der Pimichin, also ist eine Neigung von nicht ganz 1 Procent vorhanden. Weit und breit ist keine Erhöhung, kein Hügel und nach Humboldt's Messungen wäre nicht leicht ein Terrain für einen Canal günstiger als der Trageplatz von Javita.

Im Pimichin angelangt, fährt man stromabwärts in den Rio Negro, an welchem San Carlos, die sogenannte Grenzfestung von Spanisch-Guyana gegen Brasilien, der Umkehrpunkt für Humboldt und Bonpland wurde. Der Rio Negro hat seinen Namen von der schwarzen Farbe, die ihm mit einer großen Anzahl von Flüssen jener Gegend gemeinschaftlich ist, und ihn in ausgesprochenen Gegensatz mit andern Gewässern bringt. Humboldt sagt über diese Flüsse<sup>2</sup>: „Wenn man in das Bett des Atabapo gelangt, so ändert sich sowohl der Zustand der Atmosphäre, als auch die Farbe des Wassers und die Gestalt der Bäume, welche das Ufer bedecken. Am Tage leidet man nicht mehr von den Stichen der Mosquitos, und bei Nacht werden

1) Relation historique II. 420.

2) Relation historique II. 401.

die Schnaden mit langen Beinen (Zancudos) sehr selten, ja sie verschwinden ganz und gar oberhalb der Mission San Fernando. Das Wasser des Orinoco ist trübe, mit erdigen Stoffen beladen und verbreitet in den Buchten wegen der Anhäufung tochter Krokodile und anderer faulender Stoffe einen bisamartigen, süßlichen Geruch, so daß wir, um es trinkbar zu machen, es bisweilen durch Leinwand laufen lassen mußten. Das Wasser des Atabapo dagegen ist rein, schmeckt angenehm, ist ohne Spur von Geruch und hat bei auffallendem Lichte eine schwarze, beim Durchsehen eine gelbliche Farbe. Die Leute nennen es im Gegensatz zu den trüben Fluthen des Orinoco ein leichtes Wasser. Die Temperatur desselben ist 2, wenn man sich der Mündung des Tami nähert 3 Grade niedriger, als die des Orinocowassers, eine Minderung bei dem Trinken, die nicht wenig angenehm ist, wenn man ein ganzes Jahr hindurch genöthigt war, Wasser von 27°—28° zu genießen. Ein Beweis für die außerordentliche Reinheit der schwarzen Wasser ist ihre Klarheit, Durchsichtigkeit und die Reinheit, mit der sie das Bild und die Farbe der umgebenden Gegenstände reflectiren. Die kleinsten Fische sieht man in einer Tiefe von 20—30 Fuß, und meistens erkennt man den Grund, der nicht gelb oder braun wie das Wasser, sondern vollkommen weißer Quarz- und Granitsand ist. Nichts gleicht der Schönheit der Ufer des Rio Atabapo. Bedeckt mit Gewächsen, über die sich Palmen mit bunt gestreiften Blättern erheben, erscheint ihr Bild im Spiegel des Flusses, und das Grün des Bildes scheint in nichts dem des direct gesehenen Gegenstandes nachzustehen.“

Das Wasser des Rio Negro ist noch dunkler als das des Atabapo und Tuamini, und erscheint da, wo der Fluß seicht ist, von Bernsteinfarbe, an tiefen Stellen in der Farbe des Kaffeesages. Gegen die weißen Wasser sind die schwarzen auffallend arm an Thieren; hier fehlen die Mosquitos, die Wasserinsecten und mit ihnen viele Fische und sämmtliche Krokodile.

Die schwarzen Flüsse, welche Humboldt in der Nähe des Aequators gesehen hat, bieten bezüglich der Ursache ihrer Farbe manches Räthselhafte, da mitten zwischen ihnen Gewässer von weißer Farbe vorkommen können. So ist von zwei einander ganz nahen Zuflüssen des Cassiquiare der eine, der Siapa, weiß, der andere, der Pacimont, schwarz. Unser Forscher neigt sich der Ansicht zu, daß das Wasser dieser regenreichen Gegenden, indem es den Boden durchzieht, durch Auflösung organischer Substanzen gefärbt wird.

Diese Ansicht hat viel Wahrscheinlichkeit, wenn man bedenkt, daß eine ähnliche Ursache dem Entstehen der braunen Farbe einiger unserer Flüsse zu Grunde liegt. So gibt es in Süddeutschland unfern dem Nordabhange der Alpen kleine Flüsschen, die die größte Aehnlichkeit mit den schwarzen Flüssen

Amerikas bieten, wie z. B. die Geltmach, ein Nebenfluß der (weißen) Bertach, in welche sie oberhalb Kaufbeuren einmündet. Wäre die Geltmach tief, so würde sie, da sie bei einer Tiefe von nur einigen wenigen Fußten eine intensiv braune Farbe hat, jedenfalls so dunkel erscheinen, als der Rio Negro. Die Geltmach entspringt oder entspinnt sich in einem moorig-sumpfigen Terrain, das von Wasser so durchtränkt ist, daß der Boden bei dem Darübergehen schaukelt, während weiter unten der Lauf des Flüsschens durch ein vollständiges Torfmoor geht. Die Farbe des Wassers zeigt sich bereits oberhalb des Moores, und letzteres scheint daher nicht mehr umgänglich nöthig zu sein. In den Aequatorialgegenden gibt es keine Torfmoore. Wäre die Geltmach erst unterhalb des Moores gefärbt, so wäre die Ursache ihrer Farbe jedenfalls eine andere, als bei den amerikanischen Flüssen.

Wenn es an den Trageplätzen der Kunst gelingt, durch einen Canal mit verhältnißmäßig geringem Kraftaufwand eine Verbindung zweier Flußsysteme herzustellen, so ist es jedenfalls denkbar, daß eine dem Canale analoge Vertiefung auch in der Natur möglich sei. Es kommt sehr oft in einem Flusse vor, daß derselbe sich in zwei Arme spaltet, gewöhnlich vereinigen sich die beiden nach einiger Zeit wieder, und es bleibt bei einer einfachen Inselbildung, aber es ist auch ebenso möglich, daß der getrennte Arm im Verlaufe nicht mehr zurückkehrt, sondern in das Bereich eines andern Flusses geräth, der ihn aufnimmt. In der That weiß man mehrere solche natürliche Canäle oder Bifurcationen. So scheidt z. B. in Lappland der Torneofluß einen Arm (Tarendo-Elf) in den Calix-Elf der ein gesondertes Wasser-system bildet.

Die großartigste Erscheinung dieser Art, die man bis jetzt kennt, ist die Bifurcation des Orinoco, der einen Arm, den Cassiquiare absendet, welcher südwärts strömend in den Rio Negro fällt und da letzterer ein Nebenfluß des Amazonenstromes ist, stellt der Cassiquiare eine natürliche Verbindung zwischen diesem und dem Orinoco her.

Die erste dunkle Kunde von einer Binnenlandverbindung zwischen dem Amazonenstrom und der Nordküste von Südamerika stammt bereits von den Jesuiten Acuña und Artedia, welche 1639 die Reise von Quito nach Para machten; doch wurde dieselbe später bald geläugnet; bald als in dieser bald jener Weise vor sich gehend angegeben. Nachdem man geraume Zeit nicht mehr recht daran geglaubt hatte, beschäftigte sich mit unserm Gegenstande Condamine. Dieser Gelehrte war mit Bouguer von der französischen Regierung nach Peru geschickt worden, um dort eine Gradmessung zu veranstalten und den Streit über die Gestalt der Erde entscheiden zu hel-

fen, und kam auf der Rückreise 1743 den Amazonenstrom herab. Er sammelte mit großem Fleiße eine Anzahl von Beweisen, die zu Gunsten der Bifurcation sprachen, wenn seine Ansichten darüber auch eben nicht die richtigsten waren. Der entscheidendste darunter schien ihm das unverdächtige Zeugniß einer Cauciacani-Indianerin zu sein, welche zu Schiffe von der Mission Pararuma am Drinoco nach Para gekommen war. Expeditionen, unternommen, um sich Sklaven zu verschaffen, führten, wie Humboldt angibt, die Portugiesen nach und nach den Rio Negro und Cassiquiare hinauf an einen großen Strom, von dem sie nicht wußten, daß es der Drinoco sei. Dort stifteten sie zwischen den Indianerstämmen Unfrieden, die Eingeborenen bekriegten sich, nahmen sich gegenseitig Gefangene ab und verkauften, was sie nicht auffraßen, an die Portugiesen. Allmählig erfuhren die Jesuitenmissionäre am untern Drinoco von den Streitigkeiten der Indianer am obern Theile, und um diesem Unwesen zu steuern, reiste der Pater Roman hinaus. An dem Einflusse des Atabapo in den Drinoco sah er von weitem eine Pirogue, so groß, wie seine eigene und angefüllt von Leuten, die nach europäischer Art gekleidet waren, und die er dann als Portugiesen erkannte. Seit dieser Reise des Pater Roman (1744) zweifelte man im Lande nicht mehr an der Existenz einer Gabelung, doch war man weit entfernt, genau zu wissen, durch welche Zweige von Flüssen dieselbe bewerkstelligt werde, noch kannte man die geographischen Verhältnisse jener Gegenden; ja die ganze Gabelung wurde in Europa wieder geläugnet. Buache betrachtete in seiner 1798 publicirten Generalkarte von Guyana den obern Drinoco und den Cassiquiare als Nebenglieder des Rio Negro, unabhängig von dem untern Drinoco und durch eine Bergkette von demselben getrennt.

Humboldt hatte sich als nächste Aufgabe seiner Reise an den Drinoco die Erforschung dieser Verhältnisse zwischen Drinoco und Amazonenstrom gestellt und ist in Folge dessen auf dem Trageplatz von Javita in das Gebiet des Rio Negro gekommen. Daß das Fort San Carlos, von dem oben die Rede war, zu dem Amazonensysteme gehöre, war vollkommen bekannt und unbezweifelst, und nachdem Humboldt dessen geographische Lage bestimmt, reiste er auf dem Cassiquiare, der unterhalb San Carlos in den Rio Negro fällt, stromaufwärts und kam etwas oberhalb des Einflusses des Atabapo in den Drinoco, der Stelle, wo der Weg zu dem Trageplatze führt wieder in letzteren Strom. Er bestimmte einzelne Punkte des Weges in Beziehung auf ihre Lage, und seit seiner Reise ist daher die ganze Thatsache der Bifurcation nicht nur eine ausgemachte, sondern auch in ihren Einzelheiten gekannte Thatsache.

Das Wild, welches Humboldt von der Fahrt auf dem Cassiquiare entwirft, läßt jene Gegend nicht eben in heiterm Lichte erscheinen. Das Land ist ungesund, fast unbewohnt, von Juncubos, Mosquitos und Ameisen überfüllt und bietet an Lebensmitteln kaum mehr als große Exemplare der letzteren. Humboldt sagt hierüber: <sup>1</sup> „Die Ueppigkeit der Vegetation nimmt gegen den Orinoco hin in einer Weise zu, von der man sich nur schwer einen Begriff machen kann, selbst wenn man an den Anblick von Tropenwaldungen gewohnt ist. Hier giebt es keine flache Gegend mehr, denn ein Zaun von dick belaubten Bäumen bildet das Ufer des Flusses. Man sieht einen 200 Toisen breiten Kanal, eingeschlossen von zwei enormen Mauern, welche von Pflanz- und Blätterwerk bedeckt sind. Oft versuchten wir zu landen, ohne daß wir den Kahn verlassen konnten. Bisweilen fuhrn wir gegen Sonnenuntergang eine ganze Stunde am Ufer hin, nur um nicht etwa eine Pflanzung (denn das giebt es gar nicht), sondern bloß einen weniger angefüllten Platz zu finden, an dem unsere Indianer mit Hilfe der Art genug Raum gewinnen könnten, um ein Bivouac für 12—13 Personen darauf zu errichten. Ueber Nacht in der Pirogue zu bleiben, war uns unmöglich, denn die Mosquitos, die uns am Tage peinigten, sammelten sich bei Nacht unter dem Toldo. Niemals waren unsere Hände, war unser Gesicht so angeschwollen. Der Pater Zea, <sup>2</sup> der damit prahlte, in den Missionen bei den Cataracten die größten und wirksamsten Stechfliegen zu haben, gab nach und nach zu, daß die Stiche der Cassiquiareinsecten schmerzhafter seien als alle, die er jemals empfunden. Mitten im dichten Wald hatten wir Mühe, uns Brennholz zu verschaffen, denn in diesen Aequatorialregionen, wo es fortwährend regnet, frogen die Aeste der Bäume so von Saft, daß sie fast gar nicht brennen. Da es keine kahlen Flecke giebt, kann man sich nicht leicht altes Holz verschaffen, das die Indianer an der Sonne gebacken nennen. Andererseits war uns das Feuer auch nur nothwendig, um vor den Thieren des Waldes Schutz zu gewähren, denn wir waren in einer solchen Noth an Nahrungsmitteln, daß wir es zum Kochbedarfe ziemlich entbehren konnten.“

Etwas oberhalb der Trennungsstelle des Cassiquiare vom Orinoco, an letzterem Flusse, ist die letzte und oberste Mission Esmeralda, die isolirteste christliche Anstalt am ganzen Strome, am ganzen Orinoco berüchtigt wegen der Bössartigkeit und der Menge der dortigen Stechfliegen, und darum Ver-

1) Rel. hist. II. 511.

2) Der Reisegefährte Humboldt's und Bonpland's auf der Orinocofahrt.

bannungs- und Strafort für jene Glieder des Observantenordens, die sich an der Kiste die Ungnade ihrer Obern zugezogen haben.

Nach Feststellung der Bifurcation des Drinoco hätte Humboldt noch eine zweite Aufgabe zu lösen gehabt, nämlich die, die Quellen des Stromes anzufuchen; allein hier stellten sich unübersteigliche Hindernisse entgegen. Man konnte nämlich damals von Esmeralda aus den Fluß noch  $6\frac{1}{2}$  Tagesreisen weit aufwärts verfolgen. Dort wird der Drinoco enge und erhält den Charakter eines Alpenstromes. Da wo sich der Gehette mit ihm verbindet, befindet sich ein Wasserfall, ein Damm von Granitfelsen durchsetzt den Fluß, und kein weißer Mann hatte noch seinen Fuß darüber gesetzt. Ueber diesem Wasserfall, dem Raudal der Guaharibos, hatten diese, ein fast weißer Indianerstamm, eine Brücke von Planen errichtet, und verwehreten, durch das frühere Benehmen der Europäer feindselig gemacht, jedes weitere Vordringen. Da nun hier nichts zu hoffen war, gingen Humboldt und Bonpland nicht über Esmeralda hinaus, und erst Schomburgk, der diese Gegenden im Auftrage der geographischen Gesellschaft zu London bereiste, war die Entdeckung der Drinocoquellen vorbehalten. Bei dem Raudal der Guaharibos geht der Drinoco, wenn wir dem oben angegebenen mittleren Begriffe folgen, von dem Oberlaufe in den Mittellauf über.

Esmeralda verließen die beiden Reisenden am 23. Mai 1800 und fuhren den Strom abwärts bis Angostura, das 3 Grade östlicher liegt als die Einmündung des Apure, wo sie zum ersten Male den Drinoco gesehen hatten. Die Thalfahrt war ohne Vergleich weniger beschwerlich als die Bergfahrt, denn sie konnten jetzt mit der Strömung treiben, und weil sie nun die Mitte des Stromes halten konnten, waren sie auch von den Mosquitos weniger geplagt, da diese sich vorzugsweise in den an den Ufern befindlichen Altwässern aufhalten, welche man der schwächere Strömung wegen bei der Bergfahrt aufsuchen muß.

Von dem Apure an hatten sie bis Angostura, der Hauptstadt der Provinz Guyana, einen Weg von 500 Lieues (20 auf 1 Grad) in 75 Tagen zurückgelegt, und erreichten letztere Stadt (12. Juni) mit dem unsäglichen Wohlbehagen, endlich wieder einmal die Bequemlichkeiten zu genießen, welche die Civilisation bietet.

An den Ufern des Cassiquiare hatten sich sowohl Humboldt als Bonpland den Keim zu einer Krankheit geholt, welche nun als bössartiges Fieber besonders heftig bei letzterem ausbrach, und beide einen ganzen Monat in Angostura zurückhielt.

Nach erlangter Genesung verließen die beiden Freunde den Drinoco,

verfolgten ihn also nicht bis zu seiner Mündung, sondern reisten zu Lande über die Planos von Venezuela, der östlichen Fortsetzung derer von Caracas, denen sie im Allgemeinen ähnlich sind, zurück nach Cumana, und beendigten hiermit ihre erste größere Expedition in Südamerika.

Die Erinnerung an die Mühseligkeiten der Reise in's Innere eines Landes war noch so lebendig bei den beiden Gelehrten, daß der Gedanke an eine lange Seereise ihnen reizend vorkam, und sie beschloßen daher, Südamerika auf Nimmerwiedersich zu verlassen, auf den Besuch der Andes von Peru zu Gunsten des Archipels der Philippinen zu verzichten, nach einem einjährigen Aufenthalte in Neuspanien (Mexico) mit der Gallione von Acapulco nach Manilla zu reisen und über Bassora und Aleppo nach Europa zurückzukehren. Im Verfolge dieses Planes verließen sie Cumana, fuhren nach Neu-Barcellona und segelten von da nach der Havanna, wo sie bis zum April 1801 blieben.

Als gegen Ende dieses Monats die Untersuchungen, die sie auszuführen beschloßen hatten, beendigt waren, wollten sie eben mit dem Geschwader des Admiral Ariztizabal nach Vera-Cruz abreisen, als sie durch falsche Nachrichten aus Europa veranlaßt wurden, ihren Plan zu ändern.

Vor seiner Abreise von Paris hatte Humboldt in Erfahrung gebracht, daß auf Kosten der französischen Regierung eine Expedition unter dem Capitain Baudin nach Südamerika und in den großen Ocean geschickt werden solle, und hatte mit Baudin verabredet, daß er in Amerika mit ihm zusammentreffen wolle, wo es ihm nur immer möglich sei, um dann den übrigen Theil der Reise zusammen zu machen. In der Havanna erfuhr nun Humboldt, daß die französische Expedition absegelt sei, um sich um das Cap Horn, über Chili und Peru nach Neuhoolland zu begeben, und es wurde beschloßen, nach Carthagena zu fahren und die Andes zu übersezen, um dann Baudin zu erwarten.<sup>1</sup> Die bisher gemachten Sammlungen wurden in drei nahe gleiche Theile getheilt, um unglücklichen Falles nicht Alles zu verlieren. Der eine Theil wurde einem nach Cadix reisenden Oberdientenmönche anvertraut, und ging mit dem Schiffe zu Grunde. Der zweite Theil über England nach Deutschland befördert und die Manuscripte Humboldt's enthaltend, kam an Ort und Stelle, der dritte Theil wurde in der Havanna deponirt, um später nach Europa mitgenommen zu werden.

1) Erst in Quito erfuhren die Reisenden, daß Baudin nicht um das Cap Horn, wie verabredet war, sondern um das Cap d. g. Hoffnung gesegelt war, daß also von einem Zusammentreffen nicht die Rede sein könne.

Das nächste Ziel der Reise war Carthagena, von wo sie des dortigen ungesunden Klimas wegen bis zum 19. April nach dem nahen Dorfe Turbaco übersiedelten und dann den Rio Magdalena aufwärts zogen.

Gewizigt durch die Erfahrungen, die sie am Orinoco gemacht, und wobei Bonpland's Gesundheit so sehr gelitten hatte, beschloffen sie, sich mit allen den Bequemlichkeiten zu versehen, die man sich damals am Magdalenenstrom verschaffen konnte. Statt in einer Hängematte oder auf einer Haut auf dem Boden ausgestreckt zu liegen und sich so den Stichen der Mosquitos auszusetzen, versorgten sie sich dem Landesgebrauche zufolge mit Matratzen, mit einem Feldbette und vor Allem mit einem Tolbo aus sehr locker gewebtem Baumwollzeug, der vorsichtig unter die Matratze geschlagen, eine Art Zelt bildet, welches die Insecten zu durchdringen nicht vermögen. Zwei solche Betten, in einen Cylindrer von starkem Kupferblech eingeschlossen, bilden eine Maulthierlabung.

Mit der Reise von Carthagena nach Bogota hört die von Humboldt selbst publicirte Beschreibung der Reise in Amerika auf, und es möge mir gestattet sein, über die Fortsetzung derselben eine andere Quelle zu benutzen. Der bringenden Bitte des Herausgebers und Verlegers des „Conversationslexikons“ von Brockhaus nachgebend, theilte der berühmte Gelehrte der Verlagsbandlung freundlichst eine vollständige Zusammenstellung seiner Reisen, nebst Angabe der Zeitfolge, der Richtung und des Zweckes mit, welche für den Artikel „Alexander v. Humboldt“ in der zehnten Auflage des Conversationslexikons benutzt wurde. Nachstehende, mit Anführungszeichen bezeichnete Stellen sind wörtlich der Handschrift Humboldt's entlehnt.

„Von Batabano an der Südküste der Insel Cuba segelten sie' im März 1801 nach Carthagena de Indias, um von da aus nach Panama zu gehen; allein weil die Jahreszeit die Ausführung dieses Planes hinderte, fuhren sie 54 Tage lang den Magdalenenstrom hinauf bis Honda, um über Guaduas das 8200 Fuß hohe Plateau von Bogota zu erreichen. Sie machten von Bogota aus Streifzüge nach den merkwürdigsten Punkten der Umgegend. Im September 1801 brachen sie trotz der eingetretenen Regenzeit wieder gegen Süden auf, indem sie über Ibague, die Cordillera de Quindiu (höchster Punkt des Nachtlagers 10800 Fuß), Carthago, Popayan am Fuße des Balcanes von Puracé, den Paramo de Almager und die große Hochebene von Los Pastos nach den größten Beschwerden am 6. Jan. 1802 Quito erreichten. Die Reise auf dem Rücken der Cordilleren von Bogota bis Quito

1) Humboldt und Bonpland.



immer auf Maulthieren und von vielem Gepäc begleitet, hatte volle 4 Monate gebauert. Andere 5 Monate (vom 6. Jan. bis 9. Jun. 1802) vergingen ihnen unter viel umfassenden Untersuchungen in dem schönen Hochthale von Quito und in der Kette von mit ewigem Schnee bedeckten Vulkanen, welche dasselbe umschließen. Durch zufällige Umstände begünstigt, stiegen sie an mehreren derselben bis zu früher nicht erreichten Höhen. Auf dem Chimborazo gelangten sie am 23. Juni 1802 bis zur Höhe von 18096 Fuß, also um 3876 Fuß höher als La Condamine 1738 am Nevado de Corazon. Sie standen hier auf dem höchsten, je vorher von Menschen erstiegenen Punkte fester Erde, und wurden durch eine tiefe Schlucht an der Erklommung der äußersten, noch um 2004 Fuß höhern Spitze gehindert. Carlos Montufar, der Sohn des Marqués von Selvagegre, ein trefflicher, lernbegieriger junger Mann, der, wie viele der Besseren seines Volkes, der später eingetretenen Revolution als Opfer fiel, schloß sich in Quito an die Reisenden an, und begleitete sie fortan bis zum Schlusse der langen Wanderung, durch Peru und Mexico nach Paris. Ueber den Andespaz im Paramo de Assuay (wo der Weg bei Cadlud fast die Höhe des Gipfels des Montblanc erreicht), über Cuenca und die Chinawälder von Loja stiegen sie in das Thal des oberen Amazonenflusses bei Jaen de Bracamoros hinab, und erreichten über die fruchtbare Hochebene von Cuzamarca, über die Bergstadt Micuipampa (in 11140 Fuß Höhe bei den berühmten Silbergruben von Chota), und über Montan, den westlichen Abfall der Cordilleren von Peru. Hier genossen sie auf dem Alto de Guangamarca zum ersten Male, von einer Höhe von 9000 Fuß herab, des Anblicks der Südsee. Sie gelangten bei Truxillo an die Küste und gingen durch die wasserarme Sandwüste von Niederperu bis zu dem mit Gärten umgebenen Lima. Nachdem einer der Hauptzwecke der peruanischen Reise, die Beobachtung des Durchgangs des Mercur durch die Sonne, erfüllt war, schifften sie sich Ende December 1802 von Callao nach Guayaquil ein und landeten am Schlusse einer zweiten ermüdenden Fahrt in Acapulco den 23. März 1803. Ueber Tasco und Cuernaraca erreichten sie im April die Hauptstadt Mexico's, wo sie einige Monate verweilten und dann nach Norden gewendet Guanaguato und Valladolid besuchten, die Provinz Mexicoacan durchstreiften, der Küste der Südsee nahe den erst 1759 ausgebrochenen Vulkan von Jorullo maßen, und über Toluca nach Mexico zurückkehrten. Ein nochmaliger Aufenthalt in dieser damals sehr reichen und durch die Bildung der höheren Einwohnerklassen ausgezeichneten Stadt wurde zur Ordnung der reichen Sammlungen und zur Zusammenstellung der vielseitigen Beobachtungen verwendet. Im Januar 1804 gingen die Reisen-

den, nachdem sie vorher den Vulkan von Toluca (14232 Fuß), und den Cosre de Perote (12588 Fuß) bestiegen und gemessen, durch die Eichenwälder von Kalapa, die schon in einer Höhe von 2860 Fuß über der Meeresfläche anfangen, nach Veracruz hinab, wo sie dem damals wieder unerwartet ausgebrochenen schwarzen Erbrechen (Vomito prieto) entkamen. Das barometrische Nivellement des östlichen Abfalls des Hochlandes von Mexico (7000—7200 Fuß) gegen Veracruz hin konnte nun mit dem früher vollendeten Nivellement des westlichen Abfalls nach Acapulco an der Südsee verglichen werden. Aus beiden wurden von Meer zu Meer die Profile (senkrechte Projectionen) construirt, die ersten, die man je von einem ganzen Lande bis dahin gegeben hatte. Am 7. März 1804 verließ Humboldt die mexicanische Küste, segelte auf der königlichen Fregatte „La D“ nach der Havana, wo er wieder zwei Monate verweilte, und die Materialien vervollständigte, die ihm zu seinem Werke: „Essai politique sur l'île de Cuba“ gebient haben. Am 29. April schiffte er sich mit Bonpland und Carlos Montufar nach Philadelphia ein. Die Ueberfahrt dauerte 20 Tage, sie war in der Bahamastraße gefahrvoll stürmisch. Humboldt konnte nur wenige Wochen lang in Washington sich der freundschaftlichen Aufnahme bei dem Präsidenten Jefferson erfreuen. Er verließ ungerne den neuen Continent den 9. Juli in der Mündung des Delaware, und landete den 3. Aug. 1804 in Bordeaux, an Sammlungen, besonders aber an Beobachtungen aus dem großen Gebiete der Naturwissenschaften, der Geographie und Statistik vielleicht reicher als irgend ein früherer Reisender.“

Dem Berichte über die Drinocoreise habe ich, um den Leser mehr mit den jeweiligen Gegenden bekannt zu machen, einige landschaftliche Schilderungen Humboldt's beigefügt. Es möge gestattet sein, hier eine Darstellung zu wiederholen, welche Humboldt in seinen Text zur 5ten Kupfertafel des Atlas pittoresque (Tübingen, 1810. 8.) gegeben hat, und die im Gegensatz zu den früheren Reisen in der Ebene nunmehr eine Gebirgspartie bespricht.

„Das Quindiuengebirge (Weg von Santa Fé de Bogota nach Popayan und an die Ufer des Cauca) wird als die beschwerlichste Straße in der Cordillera der Anden angesehen. Es ist ein dichter, völlig unbewohnter Wald, den man auch in der besten Jahreszeit nicht schneller als in 10 oder 12 Tagen zurücklegt. Hier findet man keine Hütte, keine Lebensmittel, und die Reisenden versehen sich in jeder Jahreszeit auf einen ganzen Monat mit Vorräthen, weil es nur zu oft geschieht, daß sie durch das Schmelzen des Schnees und plötzliches Anschwellen der Vießbäche so sehr abgeschnitten wer-

den, daß sie weder auf der Seite von Carthago, noch auf der von Ibague herabkommen können. Der höchste Punkt des Weges, die Garita del Paramo, liegt 3505 Meter über der Fläche des Oceans. Da der Fuß des Gebirgs gegen die Ufer des Cauca hin nicht über 963 Meter erhoben ist, so genießt man daselbst im Durchschnitt ein sehr mildes und gemäßigtes Klima. Der Pfad über die Cordillera ist so eng, daß seine gewöhnliche Breite nicht über 3 bis 4 Decimeter beträgt, und er größtentheils einer offenen, durch die Felsen gehauenen Gallerie ähnlich ist. In diesem Theile der Anden ist der Fels, wie beinahe sonst überall, mit einer dicken Thonlage bedeckt. Die Wasserbäche, welche von dem Gebirge herabfließen, haben Schluchten von sechs bis sieben Meter Tiefe ausgespült.“

„Diese Schluchten, in denen sich der Weg fortzieht, sind mit Morast gefüllt, und ihre Dunkelheit wird noch durch die dichte Vegetation, welche ihren Rand einfaßt, vermehrt. Die Ochsen, deren man sich in diesen Gegenden gemeiniglich als Saumthiere bedient, kommen nur mit größter Mühe in diesen Gallerien fort, welche bis auf 2000 Meter Länge haben. Hat man das Unglück, solchen Saumthieren zu begegnen, so ist kein anderes Mittel, ihnen aus dem Wege zu gehen, als den Pfad wieder zurückzuwandeln, oder auf die Erdmaner zu steigen, welche die Schlucht einfaßt, und sich da an den Wurzeln festzuhalten, die von dem Baumwerke der Höhen hervorragen.“

„Als wir im Monat October 1801 zu Fuß und mit 12 Ochsen, welche unsere Instrumente und Sammlungen trugen, das Quindiuengebirge bereisten, litten wir sehr viel durch die beständigen Platzregen, denen wir die drei oder vier letzten Tage, bei unserm Herabsteigen von dem westlichen Abhang der Cordillere ausgesetzt waren. Der Weg führte durch ein sumpfiges, mit Bambuschilf bedecktes Land, die Stacheln, womit die Wurzeln dieser gigantesten Grasart bewaffnet sind, hatten unsere Fußbekleidung so zerrissen, daß wir genöthigt waren, wie alle Reisenden, die sich nicht von Menschen auf dem Rücken tragen lassen wollen, haarfuß zu gehen. Dieser Umstand, die beständige Feuchtigkeit, die Länge des Wegs, die Muskelkraft, welche man, um auf dichten, schlammigem Thon zu gehen, anwenden muß, und die Nothwendigkeit, durch sehr tiefe Gießbäche von äußerst kaltem Wasser zu waten, machen diese Reise gewiß beschwerlich; aber in so hohem Grade sie das auch ist, so hat sie doch keine der Gefahren, womit die Leichtgläubigkeit des Volks die Reisenden schreckt. Der Pfad ist freilich schmal, aber die Stellen sind sehr selten, da er an Abgründen wegführt. Da die Ochsen ihre Beine immer in dieselben Fußstapfen stellen, so bildet sich dadurch eine Reihe von kleinen Gräben, die den Weg durchschneiden, und zwischen denen eine sehr

enge Erderhöhung sich ansetzt. Bei starken Regen stehen diese Dämme unter Wasser, und der Gang des Reisenden wird nun doppelt unsicher, da er nicht weiß, ob er auf den Damm oder in den Graben seinen Fuß setzt.“

„Da nur sehr wenige wohlhabende Personen in diesen Klimaten gelübt sind, 15—20 Tage hinter einander und auf so beschwerlichen Wegen zu Fuß zu gehen, so läßt man sich von Menschen tragen, welche sich einen Sessel auf den Rücken gebunden haben, indem es beim gegenwärtigen Zustande der Straße über den Quindiu unmöglich wäre, sie auf Maulfeln zurückzu legen. Man spricht daher in diesem Lande vom Reisen auf dem Rücken eines Menschen (andar en carguero), wie man anderwärts von einer Reise zu Pferd redet. Auch verbindet man gar keine erniedrigende Vorstellung mit dem Gewerbe des Cargueros, und die, welche es treiben, sind keine Indianer, sondern Mestizen, und manchmal sogar Weiße. Oft hört man mit Erstaunen nackte Menschen, welche dieses in unsern Augen so entehrende Handwerk treiben, mitten im Walde sich herumstreiten, weil der eine dem andern, welcher eine weißere Haut zu haben behauptet, die hochtönenden Titel Don und Sa Merced verweigert. Die Cargueros tragen gewöhnlich 6—7 Arrobas (75—88 Kilogramm) und manche sind so stark, daß sie sogar 9 Arrobas aufladen. Bedenkt man die ungeheure Anstrengung, welche diese Unglücklichen, die 8—9 Stunden machen müssen, so sie täglich in diesem Gebirgslande zurücklegen; weiß man, daß ihr Rücken manchmal wund gedrückt wird, und daß die Reisenden oft grausam genug sind, sie, wenn sie krank werden, mitten im Walde liegen zu lassen; weiß man überdies, daß sie auf einer Reise von Ibague nach Carthago in einer Zeit von 15 und selbst von 25—30 Tagen, nicht mehr als 12—14 Pfaster (60—70 Fr.) gewinnen, so begreift man kaum, wie alle starken jungen Leute, die am Fuß dieser Gebirge wohnen, das Gewerbe der Cargueros, eines der mühseligsten von allen, denen sich die Menschen ergeben, freiwillig wählen können. Allein der Gang zu einem freien, herumstreifenden Leben, und die Idee einer gewissen Unabhängigkeit in den Wäldern, läßt sie diese beschwerliche Beschäftigung den monotonen und sitzenden Arbeiten der Städte vorziehen.“

„Indeß ist der Weg über das Quindiuengebirge nicht die einzige Gegend im südlichen Amerika, wo man auf dem Rücken von Menschen reist. Die ganze Provinz von Antioquia z. B. ist mit Gebirgen umgeben, über welche so schwer zu kommen ist, daß diejenigen, die sich der Geschicklichkeit eines Carguero nicht anvertrauen wollen, und nicht stark genug sind, um den Weg von Santa Fe de Antioquia nach der Boca de Nares, oder nach dem Rio Samana zu Fuß zu machen, dieses Land gar nicht verlassen können.

Ich habe einen Bewohner dieser Provinz gekannt, dessen Körperumfang ungewöhnlich groß war. Er hatte nur zwei Messen gefunden, welche im Stande waren, ihn zu tragen, und er hätte unmöglich wieder nach Hause zurückkehren können, wenn diese beiden Cargueros während seines Aufenthaltes an den Ufern des Magdalenaflusses in Mompoz oder in Honda gestorben wären. Der jungen Leute, die sich in Cocho, in Ibague und in Mebellin als Lastthiere gebrauchen lassen, sind so viele, daß man manchmal ganzen Reihen von 50—60 begegnet. Als man vor einigen Jahren den Plan hatte, den Gebirgsweg von dem Dorfe Nares nach Antioquia für die Maulthiere zu bahnen, machten die Cargueros in aller Form Vorstellungen gegen die Verbesserungen der Straße, und die Regierung war schwach genug, ihren Einwendungen zu willfahren. Indeß muß auch hier bemerkt werden, daß die mexikanischen Bergwerke eine Menschenklasse enthalten, die keine Beschäftigung hat, als Andere auf ihrem Rücken zu tragen. In diesen Klimaten sind die Weißen so träge, daß jeder Bergwerksdirector einen oder zwei Indianer in seinem Sold hat, welche seine Pferde (Cavallitos) heißen, weil sie sich alle Morgen satteln lassen, und auf einen kleinen Stock gestützt und mit vorgeworfenem Körper ihren Herrn von einem Theile des Bergwerks nach dem andern tragen. Unter den Cavallitos und Cargueros unterscheidet und empfiehlt man den Reisenden diejenigen, die sichere Füße und einen sanften, gleichen Schritt haben, und es thut einem recht wehe, von den Eigenschaften eines Menschen in Ausdrücken reden zu hören, womit man den Gang der Pferde und Maulthiere bezeichnet.“

„Diejenigen, die sich auf dem Sessel eines Carguero tragen lassen, müssen mehrere Stunden hinter einander unbeweglich und rückwärts den Körper gesenkt dastehen. Die geringste Bewegung würde den, der sie trägt, stürzen machen, und ein Sturz ist hier um so gefährlicher, da der Carguero in zu großem Vertrauen auf seine Geschicklichkeit oft die steilsten Abhänge wählt, oder auf einem schmalen und glitschigen Baumast über einen Waldstrom setzt. Indeß sind Unglücksfälle sehr selten, und müssen, wo sie auch geschehen sind, der Unklugheit der Reisenden beigemessen werden, welche durch einen Mißtritt des Carguero erschreckt, von ihrem Sessel herabgesprungen sind.“

„Ist man in Ibague angekommen, und rüstet man sich zu der Reise, so läßt man in dem benachbarten Gebirge einige hundert Bijao-Blätter schneiden, einer Pflanze aus der Familie des Pisange, welche ein neues, an das der Thalia grenzendes Geschlecht bildet, und die man ja nicht mit der Heliconia Bihai verwechseln darf. Diese Blätter, welche häutig und glän-

zend sind, wie die der Musa, haben eine ovale Form, 54 Centimeter (20 Zoll) Länge und 37 Centimeter (14 Zoll) Breite. Ihre untere Fläche ist silberweiß und mit einer mehligten Materie bedeckt, die sich schuppenweise ablöst. Dieser eigenthümliche Firniß macht, daß sie dem Regen lange widerstehen können. Sammelt man sie, so macht man einen Einschnitt in die Hautrippe, welcher die Stelle des Hakens vertritt, an dem man sie aufhängt, wenn man das tragbare Dach aufrichtet; dann dehnt man sie aus, und rollt sie sorgfältig zu einem cylinderförmigen Pack zusammen. Um eine Hütte, in welcher 6—8 Personen schlafen können, zu bedecken, braucht man 50.—60 Kilogramm Blätter. Kommt man mitten in den Wäldern auf eine Stelle, wo der Boden trocken ist, und man die Nacht zubringen will, so hauen die Cargueros einige Baumäste, die sie in Form eines Zeltes zusammenstellen. In einigen Minuten ist dieses leichte Gebälke mit Linnen- und Agavefasern, die 3—4 Decimeter von einander parallel laufen, in Quadrate getheilt. Während dieser Zeit hat man den Pack von Bijaoblättern auseinander gerollt, und mehrere Personen sind beschäftigt, sie an dem Gegitter zu befestigen, das sie am Ende wie mit Dachziegeln bedecken. Dergleichen Hütten sind sehr frisch und bequem, ob man sie gleich in größter Eile auführt. Bemerkte der Reisende bei Nacht, daß der Regen einbringt, so zeigt er nur die Stelle, welche tropft, und ein einziges Blatt hilft dem Ungemach ab. Wir brachten im Thale von Boquia mehrere Tage unter einem solchen Blätterzelt ohne naß zu werden zu, obgleich der Regen sehr stark und beinahe unaufhörlich war.“

Um das Bild der von Humboldt bereisten Gebirgskette von Südamerika zu vervollständigen, sei zum Schlusse der Beschreibung eines Zugangs noch eine Darstellung der Hochebene selbst angeführt, welche Humboldt in demselben Werke als Text zur 16. Kupfertafel unter dem Titel: Ansicht des Chimborazo und des Carguairazo gegeben hat.

„Die Andencordillere theilt sich bald in verschiedene Zweige, die durch der Länge nach sich erstreckende Thäler von einander getrennt sind, bald bildet sie nur eine einzige Masse, welche in vulkanische Spizen ausgezackt ist. Reist man von Popayan südwärts, so sieht man auf dem dürren Plateau der Provinz de los Pastos die 3 Kettenglieder der Anden in eine Gruppe zusammentreffen, welche sich weit jenseits des Aequators erstreckt. Diese im Königreich Quito gelegene Gruppe stellt von dem Flusse Chota an, der sich durch Basaltgebirge hinwindet, bis zum Paramo von Assuay, auf welchem sich die merkwürdigen Reste peruanischer Baukunst erheben, eine ganz eigene Ansicht dar. Die höchsten Gipfel stehen in 2 Reihen, die einen doppelten

Kamm der Cordilleren bilden, und diese kolossalen, mit ewigem Schnee bedeckten Bergspitzen haben den Operationen der französischen Akademiker bei ihrer Messung des Aequatorialgrads zu Signalen gebient. Ihre symmetrische Stellung auf 2 von Norden nach Süden laufenden Linien verführte Bouguer, sie als 2 durch ein der Länge nach laufendes Thal getrennte Rettenglieder anzusehen. Allein, was dieser berühmte Astronom den Grund des Thales nennt, ist der Rücken der Andes selbst, und ein Plateau, dessen absolute Höhe 2700—2900 Meter beträgt. Es ist von Wichtigkeit, einen solchen doppelten Gebirgskamm nicht mit einer wirklichen Verzweigung der Cordilleren zu verwechseln.“

„In diesen Ebenen ist die Bevölkerung des wunderbaren Landes vereinigt; hier liegen die Städte, welche 30—50000 Einwohner zählen. Hat man einige Monate auf diesem hohen Plateau gelebt, wo sich das Barometer immer auf 0,<sup>m</sup>54 hält, so wird man von einer unwiderstehlichen Täuschung hingerissen, und vergiftet es nach und nach völlig, daß alles, was den Beobachter umgiebt, daß diese Dörfer mit der Industrie eines Gebirgsvolks, diese mit Latwas und europäischen Schafen bedeckten Weiden, diese mit lebendigen Gehegen von Duranta und Barnabesia eingefassten Obstgärten, diese sorgfältig bearbeiteten und reiche Ernten versprechenden Acker gleichsam in die hohen Regionen der Atmosphäre aufgeknüpft sind; und man erinnert sich kaum, daß der Boden, den man bewohnt, höher über den nahen Küsten des stillen Meeres liegt, als der Gipfel des Canigu über dem Bassin des mitteländischen Meeres.“

„Betrachtet man den Rücken der Cordilleren als eine ungeheuerere, von fernen Gebirgsmassen begrenzte Ebene, so gewöhnt man sich, die Ungleichheiten des Kamms der Anden als ebensoviele isolirte Spitzen anzusehen. Der Pichincha, der Cayambe, der Cotapaxi und alle diese vulkanischen Pic's, welche mit eigenen Namen bezeichnet sind, unerachtet sie bis über die Hälfte ihrer ganzen Höhe nur eine Masse ausmachen, scheinen in den Augen der Bewohner von Quito eben so viele Berge, die sich mitten auf einer waldlosen Ebene erheben, und diese Täuschung wird um so vollständiger, da die Einschnitte des doppelten Kamms der Cordilleren zu der Fläche der hohen, bewohnten Ebenen hinabreichen. Die Anden stellen sich daher auch nur in großer Entfernung, wie von der Küste des großen Oceans oder von den Steppen, welche sich an ihren östlichen Abhang hinstrecken, als eine völlige Kette dar. Steht man dagegen auf dem Rücken der Cordilleren selbst, entweder im Königreiche Quito oder in der Provinz de los Pastos, oder noch nördlicher, im Innern von Neuspanien, so sieht man bloß einen Haufen

einzelner Berggipfel und Gruppen isolirter Gebirge, welche sich von dem Centralplateau losmachen; denn je größer die Masse der Cordilleren ist, um so schwerer findet man es, ihren Bau und ihre Größe aufzufassen."

"Und dennoch wird das Studium dieser Form und dieser Gebirgsphysiognomie, wenn ich den Ausdruck wagen darf, durch die Richtung der hohen Ebenen, welche den Rücken der Anden bilden, wunderbarlich erleichtert. Reist man von der Stadt Quito nach dem Paramo Assuay, so sieht man auf einer Länge von 37 Meilen nach einander westwärts die Spitzen des Casitagua, Pichincha, Atacazo, Corazon, Uliniza, Carguairazo, Chimborazo und Cunambay, und gegen Osten die Gipfel des Guamani, Antisana, Passucha, Kumiñavi, Cotopaxi, Quelendaña, Tungurahua und Capatruco erscheinen, welche sämmtlich mit Ausnahme von dreien oder viereu höher sind als der Montblanc. Diese Gebirge stehen auf eine Weise da, daß sie vom Centralplateau aus betrachtet, statt sich gegenseitig zu bedecken, vielmehr in ihrer wahren Gestalt, wie auf das azurblaue Himmelsgewölbe gemalt, darstellen. Man glaubt auf einem und demselben verticalen Plan ihren ganzen Umriß zu sehen; sie erinnern an den imposanten Anblick der Küsten von Neunorfolk und des Cookflusses, und gleichen einem schroffen Uferland, das sich aus dem Meere hebt, und um so näher scheint, da kein Gegenstand zwischen ihm und dem Auge steht.

"Wie sehr indeß der Bau der Cordilleren und die Form des Centralplateaus die geologischen Beobachtungen begünstigen, und wie leicht sie es dem Reisenden machen, die Umrisse des doppelten Rammes der Anden in der Nähe zu untersuchen, so verkleinert die ungeheure Höhe dieses Plateaus dafür auch die Gipfel, welche auf Inselchen in den weiten Raum der Meere gestellt, wie der Mowna-Roa und der Pic von Teneriffa durch ihre furchtbare Höhe Staunen erregen würden. Die Ebene von Tapia hat eine absolute Höhe von 2191 Metern ist, also nur  $\frac{1}{16}$  niedriger als der Aetna. Der Gipfel des Chimborazo reicht somit bloß 3640 Meter über die Höhe dieses Plateaus weg, und demnach 84 Meter weniger als die Spitze des Montblanc über die Priorei von Chamouny, denn die Verschiedenheit des Chimborazo und des Montblanc verhält sich ungefähr wie die der Höhe des Plateaus von Tapia und des Grundes vom Chamounythale. Auch der Gipfel des Pic's von Teneriffa ist, gegen die Lage der Stadt Drotava verglichen, höher als der Chimborazo und der Montblanc über Riobamba und Chamouny."

"Gebirge, welche uns durch ihre Höhe in Erstaunen setzen würden wenn sie am Meeresufer ständen, scheinen auf den Rücken der Cordilleren



gestellt bloße Hügel. Quito z. B. lehnt sich an einen kleinen Berg, Invirac genannt, der den Bewohnern dieser Stadt nicht höher vorkommt, als der Montmartre oder die Höhe von Meudon den Parisern; und dennoch hat er nach meinen Messungen 3121 Meter absolute Höhe und erhebt sich demnach beinahe so hoch als der Gipfel des Marboré, einer der höchsten Spitzen der Pyrenäenkette.“

„Neben allen Wirkungen dieser Täuschung, welche durch die Höhe des Plateaus von Quito, von Mulalo und von Riobamba verursacht wird, würde man dennoch auf den Klüften oder auf dem östlichen Abhang des Chimborazo vergebens eine Stelle suchen, welche eine so prächtige Ansicht der Cordillere gestattete, als ich sie mehrere Wochen lang von der Ebene von Tapia aus genossen habe. Steht man auf dem Rücken der Anden zwischen dem doppelten Kamm, den die kolossalen Spitzen des Chimborazo, des Tungurahua und des Cotapaxi bilden, so ist man ihren Gipfeln immer noch nahe genug, um sie unter sehr ansehnlichen Höhenwinkeln zu sehen. Steigt man aber gegen die Wälder herab, welche den Fuß der Cordillere einschließen, so werden diese Winkel sehr klein; denn wegen der umgebenden Masse der Gebirge entfernt man sich, je mehr man sich der Meeresfläche nähert, sehr schnell von den Gipfeln.“

„Man erkennt 3 Arten von Hauptformen, die den Gipfeln der Anden eigen sind. Die noch thätigen Vulkane, welche nur einen einzigen außerordentlich weiten Krater haben, sind konische Gebirge mit mehr oder weniger abgestumpfter Spitze, wie der Cotopaxi, der Popocatepetl und der Pic von Orizaba. Andere Vulkane, deren Gipfel sich nach einer Menge Eruptionen gesenkt hat, stellen zackige Rämme, schiefe Spitzen und zerbrochene, Einsturz drohende Felsen dar. Von der Art sind z. B. der Altar, oder der Capac-Urcu, ein Gebirge, das einst höher war als der Chimborazo und dessen Zerstörung eine in der Naturgeschichte des neuen Continents merkwürdige Epoche bezeichnet; und der Carguairazo, welcher größtentheils in der Nacht vom 19. Juli 1698 zusammensank. Wasserströme und Thonaustrüme brachen dazumal aus den geöffneten Seiten des Berges hervor und machten die ihn umgebenden Gefilde unfruchtbar. Diese schreckliche Katastrophe war überdies von einem Erdbeben begleitet, das Tausende von Einwohnern in den nahen Städten Hambato und Nactacunga erschlug.“

„Die dritte und majestätische Form der hohen Andengipfel ist die des Chimborazo, dessen Spitze abgerundet ist. Sie erinnert an die kraterlosen Auswüchse, die die elastische Kraft der Dünste in Gegenden aufstreibt, wo die grottenreiche Rinde des Globus durch unterirdische Feuer unterminirt ist.

Die Ansicht von Granitgebirgen hat nur eine schwache Aehnlichkeit mit der des Chimborazo. Die Granitgipfel sind abgeplattete Halbkugeln, und die Trappporphyre bilden die hochauftretenden Kuppeln. So sieht man an den Küsten der Südsee, wenn die Luft nach den langen Winterregen plötzlich sehr durchsichtig geworden ist, den Chimborazo wie eine Wolke am Himmel erscheinen. Er hat sich völlig von den ihm benachbarten Spitzen los gemacht und erhebt sich über die ganze Andenkette wie jener majestätische Dom, das Werk von Michael Angelo's Genie, über die antiken Denkmale, welche das Capitol umfassen.“

Die literarische Thätigkeit, welche Humboldt nach seiner Rückkehr aus Amerika entwickelte, gehört wohl zu dem Großartigsten, was in dieser Beziehung geleistet werden kann, sowohl was die absolute Anzahl und den Umfang der veröffentlichten Werke als auch die Mannichfaltigkeit der darin behandelten Gegenstände anbelangt.

Das Hauptwerk bilden die in französischer Sprache herausgegebenen Berichte über die Reise, welche den Titel: „Voyage aux régions équinoxiales du nouveau Continent, fait en 1799, 1800, 1801, 1802, 1803 et 1804“ führen und aus 6 Abtheilungen, in gewissem Grade selbständigen Werken, bestehen, die aber nicht nach der Reihe der Sectionsziffer erschienen sind, wie auch der ursprüngliche Plan des Werkes sich im Laufe der Jahre geändert hat. Als Endresultat gilt folgende Eintheilung:

**Erste Abtheilung:** Relation historique. 3 Bände in 4. Paris, 1811—1829, oder 13 Bände 8. Paris, 1816—1832.

Hieron ist (Stuttgart 1815—1832) in 6 Octavbänden eine deutsche Uebersetzung erschienen, welche sich jedoch des Beifalls Humboldt's nicht zu erfreuen hatte, wie aus der Vorrede zu einer zweiten Uebersetzung erhellt, welche Hauff gegenwärtig herausgibt, die aber noch nicht vollendet ist.

Ursprünglich war die Relation historique auf 4 Bände in 4. berechnet; doch sind nur 3 davon erschienen, welche bis zum Austritte der Expedition nach Peru (April 1801) reichen.

*Atlas géographique et physique.* 39 Tfl. mit Text. *Vues des Cordillères et monuments des peuples indigènes de l'Amérique* (Atlas pittoresque). Paris fol. 69 Tfl. mit Text.

**Zweite Abtheilung:** *Recueil d'observations de zoologie et d'anatomie comparée faites dans l'Océan Atlantique, dans l'Intérieur du*

*Nouveau Continent et dans la Mer du Sud pendant les années 1799—1804.*

Paris, 1811 und 1833. 2 Bände. 4.

**Dritte Abtheilung:** *Essai politique sur le royaume de la Nouvelle Espagne.* Ouvrage qui présente des recherches sur la géographie du Mexique, sur l'étendue de sa surface et sa division politique en intendances, sur l'aspect physique du sol, sur la population actuelle, l'état de l'agriculture, de l'industrie manufacturière et du commerce; sur les Canaux qui pourraient réunir la mer des Antilles au Grand Océan; sur les revenus de la couronne, la quantité de métaux qui a reflué du Mexique en Europe et en Asie, depuis la découverte du Nouveau Continent et sur la défense militaire de la Nouvelle Espagne.

2 Bände, Paris, 1811. 4. Mit Atlas; Text besonders 5 Bände, Paris, 1811. 8. 2. Aufl. 4 Bände, 1825. 8. Deutsch. 2 Bde. Stuttgart und Tübingen, 1811.

**Vierte Abtheilung:** *Recueil d'observations astronomiques, d'opérations trigonométriques et de mesures barométriques faites pendant le cours d'un voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent, depuis 1799 jusqu'en 1804, rédigées et calculées d'après les tables les plus exactes par Jabbu Oltmanns; ouvrage auquel on a joint des recherches historiques sur la position de plusieurs points importants pour les navigateurs et pour les géographes.*

(2 Bände, Paris 1808—10. 4.)

**Fünfte Abtheilung:** *Physique générale et géologie: Essai sur la géographie des plantes, accompagné d'un tableau physique des régions équinoxiales, fondé sur des mesures exécutées, depuis le dixième degré de latitude boréale jusqu'au dixième degré de latitude australe, pendant les années 1799, 1800, 1801, 1802, 1803.*

Paris und (deutsch) Tübingen 1807. 1 Band 4., mit einer Tafel.

**Sechste Abtheilung.** 1) *Plantes équinoxiales, recueillies au Mexique, dans l'île de Cuba, dans les provinces de Caraccas, de Cumana et de Barcelonne, aux Andes de la Nouvelle-Grénade, de Quito et du Pérou et sur les bords du Rio-Negro, de l'Orénoque et de la rivière des Amazones.*

2 Bde. Paris 1805—1818, gr. fol. mit 140 Kpfn.

2) *Monographie des Melastomes et autres genres du même ordre.*

2 Bde. Paris 1806—23. gr. fol. mit 120 color. Kpfn.

3) *Nova genera et species plantarum, quas in peregrinatione ad*

- plagam aequinoctialem orbis novi collegerunt, descripserunt, partim adumbraverunt A. Bonpland et A. de Humboldt, in ordinem digessit C. S. Kunth.* 7 Bde. Paris 1815—25, in 4 und fol. mit 700 Kupfern.
- 4) *Mimoses et autres plantes légumineuses du nouveau continent, redigées par C. S. Kunth.* Paris 1819—24. gr. fol. mit 60 color. Kupfern.
- 5) *Révision des graminées publiées dans les Nova genera et species plantarum de M. M. de Humboldt et Bonpland, précédée d'un travail sur cette Famille par C. S. Kunth.* 2 Bände. Paris, 1829—34. gr. fol. Mit 100 Kupfern.
- 6) *Synopsis plantarum, quas in itinere ad plagam aequinoctialem orbis novi collegerunt A. de Humboldt et A. Bonpland auctore C. S. Kunth.* 4 Bde. Strassb. und Paris, 1822—26. 8.

Die vorstehenden Werke sind, wie sich schon aus den Titeln einiger derselben ergibt, nicht alle von Humboldt selbst verfaßt, da eines Menschen Leben hierzu nicht ausreichen würde.

Einen Theil davon hat Bonpland bearbeitet. Beide Reisende waren nämlich übereingekommen, die Veröffentlichung ihrer Resultate in der Weise zu veranstalten, daß der Titel jedes Buches beide Namen gemeinschaftlich enthalte, wenn auch nur einer die Redaction desselben besorgt hätte. So ist, wie Humboldt in der Einleitung zur Relation historique, die er selbst verfaßt hat, angibt, die Bearbeitung der Werke 1 und 2 der 6. Abtheilung von Bonpland. Dieser Gelehrte hat übrigens nur verhältnißmäßig kurze Zeit an der Herausgabe des ganzen Werkes Theil genommen. Als das erste Napoleonische Reich gestürzt war, behagte es ihm in Frankreich nicht mehr, und er ging daher 1818 als Professor der Naturgeschichte nach Buenos-Ayres. Als man lange nichts mehr von ihm erfahren hatte, kam endlich die Nachricht, er sei im Jahre 1820 in das Innere von Paraguay gereist, wo er in St. Anna am östlichen Ufer des Flusses Parano eine indianische Colonie gegründet hatte, welche er besuchen wollte. Dort wurde er auf Befehl des Dr. Francia, des Dictators von Paraguay, gefangen genommen, weil Letzterer die Anpflanzungen von Paraguaythee, die Bonpland an mehreren Punkten Brasiliens angelegt hatte, mit eifersüchtigen Augen betrachtete, und den Concurrenten unschädlich machen wollte. Im Jahre 1829 erfuhr man, Bonpland sei frei und habe sich nach Buenos-Ayres zurückgezogen. Später ließ er sich in San Borja, einem kleinen Flecken von Paraguay, nieder und

lebte dort ruhig im Kreise seiner Familie. Er starb im April 1858 zu Corientes.

In der zweiten Abtheilung des Reisewerks sind einige Abhandlungen über die Reptilien überhaupt, und ein paar von Humboldt und Bonpland aus Amerika mitgebrachte insbesondere, von Cuvier. Die Beschreibung der Insecten hat Latreille, die der Fische und Muscheln Valenciennes übernommen.

Die dritte Abtheilung ist von Humboldt verfaßt.

In der vierten Abtheilung finden wir größtentheils die Arbeit von Oltmanns. Durch an Ort und Stelle gemachte Beobachtungen u. s. w. hatte Humboldt eine große Anzahl von Daten aus Amerika mitgebracht, welche zum Zwecke hatten, die geographische Länge verschiedener Punkte zu bestimmen. Bekanntlich mißt man die Höhe eines Ortes über dem Meere durch Beobachtung des Barometers, mit gleichzeitiger Angabe der Temperatur u. s. w. und es bleibt, um die wirkliche Höhe zu erhalten, nach der Beobachtung noch übrig, die durch letztere erhaltene Größe nach den Regeln zu benutzen, welche die rechnende Physik angibt, d. h. es ist die Höhe in Toisen oder Metern zu bestimmen, welche einem gegebenen Barometerstande bei dieser oder jener Temperatur, in dieser oder jener geographischen Breite, entspricht. Diese Arbeit kann lange, nachdem die Beobachtungen gemacht sind, aufgenommen werden, man begnügt sich daher in der Regel, die einfachen Beobachtungsergebnisse in den Reisetagebüchern anzugeben und rechnet dieselben nach der vorliegenden Formel gelegentlich aus. Diese Arbeit nun ist es, welche den größten Theil der vierten Abtheilung ausmacht und nicht von Humboldt, sondern von Oltmanns ausgeführt wurde. Die fünfte Abtheilung hat Humboldt zum Verfasser.

In der sechsten Abtheilung ist weitaus der größere Theil nicht von Humboldt's Hand. Die ersten zwei der oben angeführten Werke sind, wie bereits erwähnt, von Bonpland, die übrigen von Kunth; sie enthalten die Beschreibungen von Pflanzen. Humboldt hat also sowohl die systematische Zoologie, wie sich aus der zweiten Abtheilung ergibt, als auch die systematische Botanik Andern überlassen; dagegen findet sich in dem Werke „Nova genera etc.“ als Einleitung eine Abhandlung von seiner Hand, die auch unter dem Titel: „De distributione geographica plantarum secundum coeli temperiem et altitudinem montium prolegomena“, separat abgedruckt wurde.

Gehen wir auf die Besprechung der von Humboldt selbst herrührenden Abschnitte des Reiseberichtes über, so begegnet uns zuerst die *Relation historique*.

Dieses Werk, obwohl die erste Abtheilung des Ganzen bildend, wurde unter allen andern Sectionen zuletzt in Angriff genommen, da Humboldt ursprünglich gar nicht im Sinne hatte, einen Reisebericht zu veröffentlichen. Zurückgekehrt von seiner Reise wurden die verschiedenen andern Sectionen in Angriff genommen, und nun zeigte sich, daß die Reisetagebücher viel reichhaltiger waren, als man ursprünglich geglaubt, insofern nach Abzug der Beobachtungen aus der Zoologie, Botanik, u. s. w. noch eine Reihe von Gegenständen übrig blieb, die sich nicht leicht unter eine der andern Klassen einreihen ließen. Zuerst hatte Humboldt die Absicht, einzelne Gegenstände in besondern Abhandlungen zu veröffentlichen, und hatte, wie er in seiner Einleitung zur *Relation* angibt, bereits mehrere derselben während seiner Reise ausgearbeitet, wie z. B. über die südamerikanische Menschheit, über die *Orinocommissionen*, über die Hindernisse, welche das Klima und die Mächtigkeit der Vegetation in der heißen Zone den Fortschritten der menschlichen Gesellschaft entgegensetzt u. s. w.; doch entschloß er sich zuletzt, alle diese Gegenstände zu vereinigen und zugleich mit der Beschreibung seiner Reise zu veröffentlichen.

Diesem zufolge enthält die *Relation* außer der Aufzählung der einzelnen eigentlichen Reisebegebenheiten, sowie der Schilderungen der jeweiligen Gegenden noch eine Menge von kürzeren Bemerkungen aus den verschiedensten Zweigen des menschlichen Wissens, und außerdem finden sich noch besondere Abhandlungen über einzelne Gegenstände. Um nämlich seinem Werke mehr Abwechslung zu geben, flocht Humboldt nach dem Vorgange *Saussure's* hin und wieder *Monographien* ein, von denen jede für sich als ein vollkommenes Ganzes hätte veröffentlicht werden können. So finden sich Abhandlungen über den Gollstrom, die Verbreitung dieser oder jener Pflanze, dieses oder jenes Thieres, über die Flüsse mit schwarzem Wasser, Flüsse im Allgemeinen, Flußsysteme, Menschenrassen, Erdbeben in der buntesten und zugleich anziehendsten Unordnung bei einander, so daß das ganze Werk einem Baume im Urwalde nicht unähnlich wird, denn wie oben Humboldt gesagt hat, daß jeder Baum so vielen Pflanzen zum Aufenthaltsort dient, daß diese eine beträchtliche Strecke Landes überdecken würden, so finden wir in jedem Buche von Humboldt's *Relation historique* eine Fülle von selbstständigen Abhandlungen. In den, diesem Werke beigelegten Noten, namentlich in denen des dritten Bandes, finden sich außerdem Beobachtun-

gen über die verschiedensten naturwissenschaftlichen Fächer. Von ihnen soll später gesprochen werden.

Was den Humboldt'schen Reisebericht besonders charakterisirt, das sind die politischen Versuche, die man in einem doch vorwaltend den Naturwissenschaften gewidmeten Werke kaum je in solcher Vollständigkeit finden wird. Die Länder, die er in Amerika durchforschte, waren zur Zeit seiner Expedition Eigenthum der spanischen Krone, die, wie schon erwähnt, keinem Ausländer als ihm gestattete, frei nach allen Richtungen hin die Colonien zu durchstreifen, und keinem außer ihm waren die vorhandenen Archive u. dergl. zur Einsicht überlassen. Er benutzte die Gelegenheit, und entwarf über die politischen Zustände jener Gegenden Bilder, die noch jetzt selbst für die Staaten Europa's als Muster dastehen, da sie Alles umfassen, was Natur und Mensch beitragen, um einem Lande das zu geben, was ihm eigentlich als Unterschied von andern Gegenden zukommt: Ebenso gehören die statistischen Zusammenstellungen über die dortigen Verhältnisse wohl zu den ersten, die man überhaupt kennt. Die Natur der Länder ist seitdem geblieben, was sie war, und Humboldt's Berichte sind daher noch jetzt so gültig, als sie bei dem Erscheinen der Werke waren; was aber die Menschen und die von der natürlichen Beschaffenheit des Bodens selbst unabhängigen Data anbelangt, so ist seit jener Zeit eine bedeutende Umänderung eingetreten, denn die ehemaligen Colonien Spaniens haben sich indessen, mit Ausnahme von Cuba und ein paar kleineren Inseln, vom Mutterlande unabhängig gemacht, und während sie von der nach der Entdeckung erfolgten Eroberung an bis zu dem Abfalle, also fast durch 3 Jahrhunderte hindurch sich des tiefsten Friedens erfreut hatten, haben sie das, was ihnen während dieser Zeit an kriegerischen Ereignissen verspart war, durch bürgerliche Zwistigkeiten reichlich wieder eingeholt. Die statistischen Tabellen, die Humboldt in seinem Reisewerke gibt, sind daher auf die Jetztzeit nicht mehr anwendbar, doch würden sie für ein etwaiges Geschichtswerk jener Länder, für die Vergleichung der jetzigen oder dereinstigen Zustände mit den früheren, Quellen von unschätzbarem Werthe sein, wobei ein besonders günstiger Zufall der Umstand ist, daß die Humboldt'schen Arbeiten gerade für jene Zeit gelten, in welcher die spanische Regierung ihr Ende erreichte, so daß diese politischen Darstellungen mit einem Wendepunkte der Geschichte zusammenfallen.

Solcher politischer Versuche sind drei vorhanden: die Beschreibung der Zustände von Venezuela (*Relation historique* III. Cap. XXVI.), von Cuba (*Rel. hist.* III. Cap. XXVIII., auch besonders abgedruckt als *Essai politique sur l'île de Cuba, avec une carte et un supplément qui renferme des consi-*

dérations sur la population, la richesse territoriale et le commerce de l'Archipel des Antilles et de Columbia. Paris 1826. 2 Bde. 8 mit einer Karte. (Das Werk wurde auch in's Spanische, später theilweise in's Englische übersetzt), und endlich die Beschreibung von Neuspanien (Mexico), welche letztere weitaus die vollständigste in 2 Quartbänden mit einem Atlas von 20 Tafeln die dritte Abtheilung des ganzen Reifewerkes ausmacht, wie bereits oben angegeben wurde.

Da ich mir vorbehalten muß, auf einige in den Essais besprochene Gegenstände weiter unten zurückzukommen, so will ich mich hier darauf beschränken, einen Vergleich anzuführen, den Humboldt zwischen den Localverhältnissen der Vereinigten Staaten und denen der ehemaligen spanischen Colonien angestellt hat.

„Trotz den günstigen Verhältnissen, welche dem tropischen Amerika eigen sind, und der Staatsklugheit, die ich bei den neuen republikanischen Regierungen südlich und nördlich vom Aequator gerne voraussetzen will, bezweifle ich, daß die Bevölkerungszunahme in Venezuela, Spanisch-Guyana, Neugranada und Mexico im Allgemeinen so bedeutend sein könne als in den Vereinigten Staaten. Letztere liegen gänzlich in der gemäßigten Zone, haben keine hohen Gebirgsketten und bieten eine ungeheure Fläche von leichtcultivirbarem Boden. Die Jäger-Horden von Indianern ziehen sich theils vor den Colonisten zurück, die ihnen ein Gräuel sind, theils vor den Methodistern, die ihrer Neigung zum Müßiggang und Herumschweifen nicht zusagen. Allerdings producirt in Spanisch-Amerika der fruchtbarere Boden auf gleichem Raume mehr Nahrungstoffe, denn auf den Hochebenen der Tropenregion liefert das Getreide das 20—24fache Korn; aber die von fast unzugänglichen Spalten durchfurchten Cordilleren, nackte, öde Steppen, Wildnisse, die sowohl der Art als dem Feuer widerstehen und giftige Insecten werden dem Landbau und der Industrie mächtige Hindernisse in den Weg legen. Die unternehmendsten und kräftigsten Colonisten können in den Bergdistricten von Merida, Antiochia und Los Pastos, in den Planos von Venezuela und am Guaviare, in den Wäldern des Magdalenaestromes, des Orinoco, der Provinz Esmeralda, oder im Westen von Quito nicht fortkommen, wie sie ihre Bodenerwerbungen gemacht haben in den walbigen Ebenen westlich von den Alleghanies, von den Quellen des Ohio, Tennessee und Alabama bis zu den Ufern des Missouri und des Arkansas. Erinnert man sich an meinen Bericht von der Orinocoreise, so kann man sich einen Begriff von den Hindernissen machen, welche eine mächtige Natur in heißen feuchten Landstrichen den Bestrebungen des Menschen entgegensetzt. In Mexico sind große



Strecken Landes von Quellen entblößt; die Regen sind selten und der Mangel an schiffbaren Flüssen erschwert den Verkehr. Die ursprüngliche Bevölkerung war Ackerbau treibend, und da sie es schon lange vor Ankunft der Spanier war, hatte der leicht zugängliche und culturfähige Boden schon seine Eigenthümer. Ueberhaupt findet man dort weniger, als man sich in Europa einbildet, weite und fruchtbare Landstriche die zur Verfügung des ersten besten stehen, der sie in Besitz nehmen will, oder die man dem Acker abkaufen könnte. Daraus geht hervor, daß die Bewegung der Colonisirung im spanischen Amerika nicht so frei und so schnell sein kann, als sie bisher in dem westlichen Theile der angloamerikanischen Union war. Die Bevölkerung dieser Union ist nur zusammengesetzt aus Weißen und aus Negern, welche aus ihrem Vaterlande geführt oder in der Neuen Welt geboren die Werkzeuge der Industrie der Weißen geworden sind. Dagegen befinden sich in Mexico, Guatimala, Quito und Peru mehr als  $5\frac{1}{2}$  Millionen rother Eingeborner, welche trotz der Bemühungen, sie zu entindianisiren, ihre theils freiwillige, theils gezwungene Isolirung, ihre Anhänglichkeit an alte Gebräuche und ihr unbeugsamer, mißtrauischer Charakter noch lange verhindern wird, an den Fortschritten des öffentlichen Wohles Theil zu nehmen.“

„Ich weise auf diese Verschiedenheiten zwischen den Freistaaten des gemäßigten und des tropischen Amerikas hin, um zu zeigen, daß letztere mit physischen und moralischen Hindernissen zu kämpfen haben, und um zu beweisen, daß diejenigen Länder, welche die Natur mit der größten Mannichfaltigkeit und Röslichkeit ihrer Producte geschmückt hat darum nicht allemal fähig sind, leicht eine rasche, gleichmäßig ausgebreitete Cultur anzunehmen. Würde man die Gränzen in's Auge fassen, welche die Bevölkerung unter der Annahme, sie sei einzig von der Menge von Subsistenzmitteln abhängig, welche der Boden zu liefern im Stande ist, erreichen kann, so würde eine ganz einfache Rechnung das Uebergewicht der in den schönen Gegenden der heißen Zone gegründeten Staaten angeben; aber die Staatsökonomie oder die Sachkenntniß der Regierungen traut solchen Rechnungen und unbegründeten Betrachtungen nicht. Man weiß, daß durch die Vermehrung einer einzigen Familie ein vorher unbewohnter Continent in 800 Jahren 8000 Millionen Einwohner haben könnte, und doch sind diese Rechnungen, die darauf gegründet sind, daß sich die Bevölkerung in 25—30 Jahren jedesmal verdopple, von der Geschichte aller in der Civilisation vorgeschrittenen Völker nicht bestätigt. Die Gesche, welche den Freistaaten von Spanisch-Amerika bevorstehen, sind zu großartig, als daß es nothwendig wäre, sie mit dem Trugwerke von Illusionen und chimärischen Rechnungen auszusmücken.“

Diese Sätze, welche Humboldt vor mehr als 30 Jahren geschrieben und welche sich auf die Erfahrung gründen, welche er vor nahezu 60 Jahren gemacht hat, lassen sich mit dem Erfolge derselben nicht gut vergleichen, wenn man die spanisch-amerikanischen Freistaaten mit der angloamerikanischen Union zusammenhält, da fortdauernder innerer Friede die letztere seither begünstigte, während die Geschichte der Hispanoamerikaner seit ihrer Lostrennung vom Mutterlande fast nichts als eine Reihe von Bürgerkriegen bietet. Die Fortschritte der nördlichen Union sind im Verhältnis zu denen der spanischen Staaten um so bedeutender, als letztere eher zurückgekommen sind. Der Einfluß den der Boden und das Klima auf den Fortschritt in den beiden Staatensystemen bisher hatte, ist verwischt durch den der bürgerlichen Verhältnisse. Man könnte sich daher, Humboldt entgegen, zu der Ansicht bekennen, daß eigentlich nur die politischen Zustände, nicht die klimatischen Verhältnisse an dem Zurückbleiben der spanischen Staaten Schuld seien. Zieht man außer den spanischen Staaten und der Union von Nordamerika noch andere Systeme bei, so zeigt sich, daß auch Brasilien, obwohl der größten Ruhe genießend, sich mit der großen Union nicht vergleichen lasse, und eben so ist es mit den europäischen Seemächten gehörenden Antheilen von Guyana, den nächsten Nachbarn der von Humboldt besuchten Drinocoländer. Das britische Guyana und Canada gehören zu demselben europäischen Staate und es kann wohl nicht geläugnet werden, daß Canada seit 60 Jahren entschieden größere Fortschritte gemacht hat als Guyana; da hier die Ursache des Unterschieds nicht an der Regierungsweise liegen kann, muß dieselbe in den Ortsverhältnissen liegen, um welche Canada günstiger gestellt ist, als Guyana. Es ist wohl nicht minder sicher, daß die Lage der Vereinigten Staaten von Nordamerika des mildereren Klimas wegen der von Canada, dessen nördliche Theile schon unbewohnt sind, weitaus vorzuziehen sei und um so mehr sind die Länder der Union günstig gestellt gegen die heißen Länder der Spanier und Portugiesen. Der Erfolg hat daher die oben angeführten Sätze Humboldt's vollkommen bestätigt, wenn auch im spanischen Staatensysteme die politischen Ereignisse in einer Weise mitgewirkt haben, daß man den Einfluß der geographischen Lage darüber ganz übersehen könnte.

Außer der Relation historique gehören zur ersten Abtheilung des ganzen Reiseverkes noch 2 Atlanten.

Der geographisch-physikalisch Atlas enthält größtentheils Karten der bereisten Länder. Der Text dazu ist auch unter dem besondern Titel erschienen: Examen critique de l'histoire de la géographie du nouveau

continent et des progrès de l'astronomie nautique aux quinzième et seizième siècles. 5 Vde. 8. Paris 1836 — 1839. Deutsch von Ideler.

Der pittoreske Atlas (auch Vues des Cordillères) erhielt die Bestimmung, einige der großartigen Scenerien, welche die Natur in der hohen Andeskette bietet und von denen ich oben ein paar Beispiele angeführt habe, zur allgemeinen Kenntniß zu bringen und zugleich durch Studium der Bauwerke, Hieroglyphen, religiösen Uebungen und astrologischen Träumereien der Amerikaner, auf ihre alte Civilisation Licht zu werfen. Humboldt beschreibt die Einrichtung der Teocallis oder mexicanischen Pyramiden, die er mit der Construction des Belustempels vergleicht, ferner die Arabesken, welche die Ruinen von Mitla bedecken, die mit der Calantica der Isthmose geschmückten Götzenbilder aus Basalt, und eine beträchtliche Anzahl symbolischer Bilder, welche die Frau mit der Schlange, die mexicanische Eva, die Ueberschwemmung von Coxeox und die ersten Wanderungen der aztekischen Völkerschaften vorstellen. Humboldt zeigte die auffallenden Analogien, welche der Kalender der Tolteken und die Einrichtung ihres Thierkreises mit der Zeiteintheilung der tartarischen und tibetianischen Völkerschaften haben, oder die mexicanischen Ueberlieferungen von den 4 Zeitaltern der Erde mit denen der Hindu und des Hesiod. Außerdem enthält der Atlas noch die Copien von Hieroglyphen der Amerikaner, die Humboldt selbst mitgebracht hat, theils sich in Rom, Velletri, Wien und Dresden befinden.

Die zweite Abtheilung des Reiseswerkes enthält die Beobachtungen aus der Zoologie. Von Humboldt selbst verfaßte Abhandlungen sind darunter die Geschichte des Condors, Versuche mit Zitteraalen, Abhandlungen über den Kehlkopf der Krokodile, der Affen und Tropenvögel, über die Respiration der Krokodile und der Fische, über die Luftblase der letzteren, und dann Beschreibungen verschiedener Thiere, die vorher wenig oder gar nicht gekannt waren. Wie aus der Einleitung zur Relation historique zu entnehmen ist, beabsichtigte Humboldt, im zweiten Bande die Abbildungen von Schädeln von Mexicanern, Peruanern und Anwohnern des Atures zu bringen, doch sind diese ausgeblieben. Das Erscheinen des zweiten Bandes hat eine sehr lange Verzögerung erlitten, da dieses Buch erst 1833 erschien. Dem Ganzen beigegeben sind 69 Kupfertafeln, von denen ein Theil colorirt.

Die dritte Abtheilung des Reiseswerkes enthält, wie bereits erwähnt, den vollständigsten der 3 Essais politiques, über den Zustand der wichtigsten Colonie Spaniens, des Königreichs Neuspanien oder Mexico. Das Resultat der 2 Quatzbände umfassenden Untersuchungen hat Humboldt selbst (H. 825.) in folgenden Sätzen zusammengefaßt.

**Physische Lage.** In Mitte des Landes geht eine breite Bergkette, zuerst von Südost nach Nordwest, dann jenseits des 30. Breitengrades von Süd nach Nord. Weite Hochebenen erstrecken sich über den Rücken des Gebirges und erniedrigen sich gegen die gemäßigte Zone hin; in der heißen Zone erreicht ihre Höhe 2300—2400 Meter. Der Abhang der Cordilleren ist mit dichten Waldungen bedeckt, während das Centralplateau allgemein fast kahl und von Vegetation entblößt ist. Die höchsten Gipfel, von denen mehrere die Schneegränze überschreiten, sind mit Eichen und Tannen geschmückt. In der heißen Zone stehen die verschiedenen Klimate wie Stockwerke über einander: zwischen 15° und 22° Breite steigt die Mittelwärme des Küstenstriches, der feucht und für die in kälteren Ländern Geborenen ungesund ist, auf 25°—27° C., auf dem wegen seiner gesunden Luft berühmten Centralplateau auf 16°—17°. Der Regen ist im Innern wenig bedeutend und die am meisten bevölkerte Gegend besitzt keine schiffbaren Flüsse.

**Territoria lausdehnung.** Hundertachtzehntausend Quadratkilometer (20 Lieues = 1°), von denen zwei Drittheile in der gemäßigten Zone liegen; das in der heißen Zone liegende Drittheil hat in Folge seiner bedeutenden Höhe eine Temperatur, welche man im Frühjahr im südlichen Italien und Spanien findet.

**Bevölkerung.** 5,840,000 Einwohner, von denen 2½ Millionen rothe Eingeborene, 1 Million in Mexico geborene Abstammlinge von Spaniern, 70,000 eigentliche Spanier sind; Negersclaven fast keine. Die Bevölkerung ist auf der mittleren Hochebene concentrirt. Der Clerus zählt 14,000 Individuen, die Hauptstadt hat 135,000 Einwohner.

**Landbau.** Bananen, Manioc, Mais, Cerealien und Kartoffeln bilden die Grundlage der Volksnahrung. Die in der heißen Zone überall da, wo der Boden sich auf 12—1300 Meter erhebt, angebauten Cerealien liefern das 24fache Korn. Der Manguay (Agave) kann als die Rebe der Eingebornen betrachtet werden. Die Cultur des Zuckerrohres hat seit Kurzem reißende Fortschritte gemacht; Vera-Cruz führt jährlich 5½ Millionen Kilogramme oder für 1,300,000 Piafter mexicanischen Zucker aus. An den westlichen Küsten baut man Baumwolle von vorzüglicher Dualität. Der Anbau von Cacao und Indigo sind gleichmäßig vernachlässigt. Die Vanille aus den Wäldern von Quilate gibt einen jährlichen Ertrag von 9000 Zentnern. Tabak wird mit Sorgfalt gebaut in den Districten von Orizaba und Cordoba; Wachs ist in Ueberfluß vorhanden in Ducatan; Cochenille liefert Dazaca jährlich 400,000 Kilogramme; Hornvieh ist äußerst zahlreich in den

innern Provinzen<sup>1</sup> und an der Ostküste zwischen Panuco und Huasacualco. Der Reicht des Clerus, dessen Höhe das Anwachsen der Landproducte angibt, hat sich seit 10 Jahren um  $\frac{2}{3}$  vermehrt.

Bergbau. Jährliche Ausbeute: Gold 1600 Kilogramme, Silber 537,000 Kilogramme, im Ganzen 23 Millionen Piafter oder fast die Hälfte des Werthes von edlen Metallen, welche man jährlich den Minen der beiden America entführt. Die Münze von Mexico lieferte von 1690—1803 mehr als 1353 Millionen Piafter und seit der Entdeckung von Neuspanien bis zum Beginne des 19. Jahrhunderts wahrscheinlich 2028 Millionen Piafter oder fast zwei Fünftheile alles Goldes und Silbers, welches in dieser Zeit aus der neuen Welt in die alte gewandert ist. Drei Minendistrikte, Guanajuato, Zacatecas und Tatorce, welche eine zwischen 21° und 24° Breite gelegene Centralgruppe bilden, geben fast die Hälfte alles Goldes und Silbers, welches jährlich den Bergwerken Neuspaniens entnommen wird. Der Gang von Guanajuato allein, reicher als die Gruben von Potosi, liefert im Durchschnitte jährlich 130,000 Kilogramme Silber oder ein Sechstheil alles Silbers, das Amerika im Jahre in Umlauf bringt. Allein die Mine von Valenciana, in welcher die Ausbeutungskosten im Jahre über 4  $\frac{1}{2}$  Millionen Franken betragen, liefert dennoch seit 40 Jahren seinen Eigenthümern einen jährlichen Reingewinn von mehr als 3 Millionen Franken. Dieser Gewinn hat sich bisweilen auf 6 Millionen erhoben, ja die Familie Fagoaga in Sombrerete hat schon binnen wenigen Monaten 20 Millionen gewonnen. Seit 22 Jahren hat sich der Ertrag der mexicanischen Bergwerke verdreifacht, seit 100 Jahren sechsfacht, und wird noch hoch steigen, je nachdem die Bevölkerung des Landes wächst und die Erfahrung zunimmt. Weit entfernt, den Landbau zu beeinträchtigen, hat die Ausbeutung der Bergwerke die Cultivirung der am wenigsten bewohnten Landstriche begünstigt. Der Reichtum der mexicanischen Minen beruht mehr auf der Mächtigkeit der Gänge, als auf dem Reichtume des Silbererzes selbst; letzteres enthält nur 2 Tausendtheile oder 3 bis 4 Unzen Silber auf den Zentner Erz. Die Menge des Erzes, welches mit Hilfe von Quecksilber durch Amalgamirung ausgebeutet wird, verhält sich zu der des ausgeschmolzenen Gesteins wie 3  $\frac{1}{2}$  zu 1. Das übliche Amalgamirverfahren ist langwierig und verursacht großen Verlust an Quecksilber, der für ganz Neuspanien jährlich 700,000 Kilogramme beträgt. Es ist möglich, daß die mexicanischen Cordilleren eines Tages soviel

1) Das jetzige Neumexico.

Quecksilber, Kupfer und Blei produciren als sie brauchen, um ihren Bedarf zu decken.

Manufacturen. Jährlicher Werth der Industrieproducte 7—8 Millionen Piafter. Die Kupferwerke, Tuch- und Baumwollenfabriken haben gegen das Ende des vergangenen Jahrhunderts einigen Aufschwung genommen.

Handel. Einfuhr von fremden Producten und Waaren: 20 Millionen Piafter; Ausfuhr an Landesproducten und Industrieerzeugnissen: 6 Millionen; Ertrag der Minen an Gold und Silber 23 Millionen, von denen 8—9 für den König ausgeführt werden. Somit bleibt, wenn man von dem Reste von 15 Millionen 14 abzieht, um die Differenz zwischen Ein- und Ausfuhr zu decken, eine jährliche Zunahme der Zahlungsmittel von Mexico von kaum einer Million Piafter.

Staats Einkommen. Die Bruttoeinnahme beträgt 20 Millionen Piafter, von denen 5 1/2 Gold- und Silberausbeute, Tabaksteuer, 3 die Steuern der Weißen ausmachen, während die Steuern der Indianer 1,300,000, der Aufschlag auf den Pulque, d. i. den gegohrenen Saft der Agave 800,000 betragen.

Militärausgaben. Sie betragen ein Viertel der ganzen Einnahme. Das mexicanische Heer zählt 30,000 Mann, von denen kaum ein Drittel Linienmilitär ist, der Rest besteht aus Milizen. Der ununterbrochene kleine Krieg mit den nomadischen Indianern der innern Provinzen, und der Unterhalt der Präsidios oder Militärposten verursachen eine beträchtliche Ausgabe. Der Zustand der Ostküste und die Bodengestaltung erleichtern die Vertheidigung des Landes gegen einen Einfall von Seiten einer Seemacht.“

Die vierte Abtheilung des Reisewerkes enthält die astronomischen Beobachtungen Humboldt's. Ihr nächster Zweck ist nicht so sehr die Erweiterung der eigentlichen Astronomie oder Sternkunde, sondern die Beförderung der Geographie, welche behufs der Bestimmung von Länge und Breite gegebener Punkte auf die Beobachtung der Gestirne angewiesen ist. Wie schon erwähnt, hat Olmanns die Beobachtungen Humboldt's berechnet. Das Resultat der Beobachtungen Beider ist die erweiterte Kenntniß der geographischen Lage von einer großen Anzahl von Punkten in Amerika, nebst deren Höhe über dem Meere, Data, die zusammen nothwendig sind, um sich Kunde von dem Relief eines Landes zu verschaffen. Humboldt selbst hat hiezu eine Abhandlung über die Strahlenbrechung geliefert.

Die fünfte Abtheilung sollte ursprünglich der Besprechung der Ent-

deckungen auf dem Gebiete der Physik und Geologie gewidmet sein. Humboldt wollte in einem Quartbände, unter dem Titel *Pasigraphie géologique* seine geologischen und, wie namentlich aus der Einleitung zur *Relation historique* p. 27 hervorgeht, seine magnetischen Beobachtungen veröffentlichen. Das Buch ist jedoch nicht erschienen. Das hierzu bestimmte Material scheint zum größten Theile unter den Notizen zu sein, welche den einzelnen Büchern der *Relation historique* beigegeben sind, und namentlich findet man eine große Anzahl von geognostischen, meteorologischen und magnetischen Beobachtungen im dritten Bande derselben, der erst sehr spät und in einer Zeit<sup>1</sup> erschien, in welcher Humboldt den Gedanken, die *Pasigraphie* zu veröffentlichen, aufgegeben hatte.

An die Stelle dieser ausfallenden Abtheilung wird nun (z. B. *Quérard, France littéraire*) eine andere Arbeit Humboldt's gesetzt, wie auch oben gesehen ist, welche einen Versuch über die Pflanzengeographie und ein Naturgemälde aus der Tropenwelt enthält und, wie der Titel erkennen läßt, eigentlich zur ersten Abtheilung gehört und als eine Art Einleitung zum ganzen Werke dienen sollte.

In der sechsten Abtheilung finden wir die Beschreibungen der von Humboldt und Bonpland in Amerika gesammelten Pflanzen. Diese Arbeit wurde, wie schon erwähnt, von Bonpland und Kunth ausgeführt, von Humboldt selbst rührt die Einleitung her, die ebenfalls schon erwähnten Prologomena, welche weiter unten besprochen werden sollen.

Humboldt hat sich trotz der großen Ausdehnung des großen Reisevertrages, an der er einen bedeutenden Theil selbst bearbeitet hat, nicht auf dasselbe beschränkt, sondern noch eine große Anzahl von Schriften über die verschiedensten Gegenstände veröffentlicht.

Wenn sich nicht in dem Nachlasse des Verstorbenen eine Sammlung seiner sämmtlichen Schriften oder ein Verzeichniß derselben findet, so halte ich die nachträgliche Anfertigung eines solchen Registers für eine reine Unmöglichkeit, da diese Arbeiten in der ganzen Literatur von Deutschland, Frankreich und selbst Spanien verstreut sind. Am wenigsten Schwierigkeiten begegnet man noch in den Zeitschriften, wenn auch die verschiedensten derselben Humboldt'sche Artikel enthalten; schlimmer ist es dagegen bereits bei den größeren Sammelwerken, *Encyclopädien, Dictionnären* u. s. w. Bei

1) Das Titelblatt dieses Bandes trägt die Jahreszahl 1824; aber am Ende befinden sich magnetische Beobachtungen Humboldt's, die er 1829 in Asien angestellt hat. Das ganze Werk ist in Lieferungen erschienen.

allen diesen, nicht von der Hand eines einzigen Mannes herrührenden Werken war man erfreut und darum auch bemüht, einen Beitrag von Humboldt zu erhalten. So kommt es denn, daß mitunter eine Arbeit von ihm an einem Orte zu finden ist, wo man sie gar nicht vermuthet und darum auch gar nicht gesucht hätte. Hierzu kommen noch Vorworte zu den verschiedensten Büchern, und bekannt ist, daß Zuschriften Humboldt's an diesen oder jenen Verfasser häufig zu Vorworten mißbraucht worden sind, um das fragliche Buch dem Publikum zu empfehlen.

Unter diesen Umständen halte ich es für das Beste, nachstehend ein Verzeichniß Humboldt'scher Schriften folgen zu lassen, welches nur die wichtigeren Stücke enthält.

Expériences sur les moyens eudiométriques etc. (mit Gay-Lussac). Journ. de physique LX. 1805.

Versuch über die elektrischen Fische. 8°. Erfurt 1806.

Ideen zu einer Physiognomie der Gewächse. 8°. Tübingen 1806.

Observations sur l'intensité et l'inclinaison des forces magnétiques, faites en France, en Suisse, en Italie et en Allemagne avec un tableau. (Mit Gay-Lussac.) Mém. de la Société d'Arcueil I. 1807.

Ueber die Chinawälder in Südamerika. Magazin naturforsch. Freunde in Berlin. 1807.

Conspectus longitudinum et latitudinum geographicarum, per decursum annorum 1799 ad 1804 in plaga aequinoctiali ab Al. de Humboldt astronomice observatarum calculo subjecit Jabbe Oltmanns. 4°. Lut. Paris. 1808.

Ansichten der Natur. 2 Bde. 12°. Tübingen 1808. (2. Aufl. 1826, 3. Aufl. 1849).

Recherches sur la respiration des poissons (mit Provençal). Mém. d'Arcueil II. 1809 und Journal de physique LXIX. 1809.

Des volcans de Jorullo. Journ. de phys. LXIX.

Des eaux chargées d'acide muriatique. Ib. LXIX.

Sur les lois que l'on observe dans la distribution des formes végétales. Annal. de chimie et de physique I. 1816 und XVI. 1821.

Sur l'élévation des montagnes de l'Inde. Annal. de chimie et de phys. III. 1816.



- Lignes des isothermes et de la distribution de la chaleur sur le globe. *Mém. d'Arcueil* III. 1817. *Annal. de chimie et de phys.* V. 1817.
- Sur le lait de l'arbre de la Vache et le lait des végétaux en général. *Ann. de ch. et de phys.* VII. 1818.
- De l'influence de la déclinaison du soleil sur le commencement des pluies équatoriales. *Ib.* VIII. 1818.
- Sur les Gymnotes et autres poissons électriques. *Ib.* XI. 1819.
- Sur l'accroissement nocturne de l'intensité du son. *Ib.* XIII. 1820.
- Sur la limite inférieure des neiges perpétuelles dans les montagnes de l'Himalaya et des régions équatoriales. *Ib.* XIV. 1820.
- Sur les lois que l'on observe dans la distribution des formes végétales. *Dictionnaire des sciences naturelles* XVIII. 1820.
- Sur la différence de hauteur à laquelle on cesse de trouver des poissons dans la Cordillère des Andes et dans les Pyrénées. *Ann. de ch. et de phys.* XIX. 1821.
- Sur le gisement du granite dans la vallée de Fiemme. *Ib.* XXIII. 1823.
- Essai géognostique sur le gisement des roches dans les deux hémisphères. 8°. *Strassb.* 1823. (Deutsch von C. v. Leonhard. 8°. *Strassburg* 1823.)
- Analyse de l'eau du Rio Vinagre etc. *Ib.* XXVII. 1824.
- Sur le Magnétisme polaire d'une montagne de chlorit chisteuse et de serpentine. *Ib.* XXV. 1824.
- Observations sur quelques phénomènes peu connus qu'offre le goître sous les tropiques dans les plaines et sur les plateaux des Andes. 8°. Paris 1824.
- Ueber die Gestalt und das Klima des Hochlandes in der iberischen Halbinsel. In *Berghaus Hertha* IV. 1825.
- De la température des différentes parties de la zone torride au niveau des mers. *Annal. chim. ph.* XXXIII. 1826.
- Ueber den neuesten Zustand des Freistaats von Centro-amerika oder Guatemala. *Hertha* VI. 1826.

Ueber die Provinz Antioquia and die neuentdeckte Lagerstätte der Platina auf Gängen. *Hertha* VII. 1826.

Ueber die Ursachen der Temperaturverschiedenheit auf dem Erdkörper. *Boggenborff's Annalen* XI. 1827.

Nach dieser Zusammenstellung der Arbeiten Humboldt's im Allgemeinen bleibt übrig, näher auf den Inhalt der bezeichneten Werke einzugehen und zu zeigen, welche Ansichten der große Gelehrte in den einzelnen Fächern gehabt habe. Zu diesem Zwecke ist es nöthig, das Ganze (wie dieses auch im ersten Abschnitte geschehen ist) in verschiedene Kapitel einzutheilen, doch ist diese Eintheilung durch die weitaus größere Mannfaltigkeit der von Humboldt bearbeiteten Gegenstände weit schwieriger als dort und die Schwierigkeit wächst noch dadurch, als in jeder einzelnen Abhandlung der eine Punkt in seiner Verbindung mit andern gegeben ist.

Nach langem Wählen habe ich es für das Zweckmäßigste gehalten, das Ganze in folgende Kapitel einzutheilen:

1. Die Meteorologie.
2. Die Thiere.
3. Die Pflanzen.
4. Gesteine, Vulkane und Erdbeben.
5. Magnetismus.
6. Geographie.
7. Der Mensch.

Bei dieser Eintheilung wird allerdings hin und wieder ein Gegenstand von einem andern gerissen, mit dem er verwandt ist; allein dieses ist nicht nur hier der Fall, sondern überall, wo Eintheilungen gemacht werden, wenn es sich um die Gesamtnaturwissenschaft handelt, welche eben in den Humboldt'schen Werken die Hauptrolle spielt.

---

## B. Humboldt's Arbeiten über einzelne Gegenstände.

### Die Meteorologie.

Die Atmosphäre der Erde, d. i. die gasförmige Hülle, die unsern Planeten umgibt, bietet selbst dem unaufmerksamsten, mit keinerlei Art von Instrumenten versehenen Menschen in der Witterung einen Wechsel von Erscheinungen, von denen er, ihrer mächtigen Einflüsse wegen, er mag wollen oder nicht, Notiz nehmen muß. Die Temperaturdifferenzen zwischen Sommer und Winter, der Unterschied zwischen Regen und Sonnenschein müssen jeden Menschen interessiren. Der Zustand der Atmosphäre ist nicht nur veränderlich, wenn man verschiedene Zeitpunkte mit einander vergleicht, er ändert sich auch mit dem Wechsel des Aufenthaltsortes, und während die eine Gegend von fast nimmer endendem Regen überschüttet wird, lechzen die ausgetrockneten Striche eines andern Landes unter der Einwirkung der fast stets unbedeckten Sonne.

Es liegt sehr nahe, daß der Forschungsgeist des Menschen sich seit langer Zeit darum bemühte, die Ursachen dieser Aenderungen zu entdecken und darauf gestützt die bevorstehenden Erscheinungen zuweilen voraussagen zu können. Der Verfolg dieser Bestrebungen hat, wenn auch immerhin noch sehr viel zu thun ist, wenigstens dahin geführt, daß wir uns, soweit es der erste Theil der Aufgabe erheischt, über manche Erscheinung Rechenschaft geben können, während die Lösung des zweiten Theiles, die Vorausbestimmung der Ereignisse, für die meisten Gegenden so gut wie gar nicht angefangen ist.

Man bezeichnet denjenigen Zweig der Naturwissenschaften, der sich mit der Erforschung der atmosphärischen Erscheinungen befaßt, mit dem Namen Meteorologie oder Klimatologie, doch werden auch die beiden Namen für verschiedene Gegenstände angewendet. So z. B. nennt Kämy<sup>1</sup> Meteo-

1) Lehrbuch der Meteorologie. Einleitung.

rologie die Lehre von den Meteoron, d. i. den atmosphärischen Erscheinungen, während nach ihm durch die Art, wie die Wärme an einem und demselben Orte vertheilt ist, und durch die Meteore, welche sich dort zeigen und in welcher Reihe dieselben folgen, das Klima bestimmt wird, worauf durch Vergleichung der verschiedenen Klimate der einzelnen Gegenden die Klimatologie folgt. Betrachtet man Meteorologie und Klimatologie für synonym, so heißt die Klimatologie in dem Sinne von Kämpf vergleichende Klimatologie.

Die Gesetze, denen die atmosphärischen Erscheinungen sich unterordnen, sind äußerst verwickelt, denn das Klima eines Ortes hängt nicht nur von dessen eigener Lage und Oberflächengestaltung ab, sondern auch von der Stellung der Erde gegen die Sonne und von der Gesamtgestaltung des Reliefs unseres Sternes mit sammt all den unendlich vielen Verschiedenheiten, die darauf vorkommen, und es gibt darum keinen Zweig der Physik, in welchem sich durch Mathematik so wenig machen läßt, der so sehr auf fortgesetztes, unermüdeliches Beobachten angewiesen ist, als gerade die Meteorologie, die der Natur der Sache nach an Bedeutung kaum einem derselben nachsteht.

Obwohl die Meteorologie eigentlich ein Zweig der Physik ist, hat man sich doch genöthigt gesehen, sie in eine größere Reihe von Theilen zu zerlegen; so hat man die chemische Beschaffenheit der Luft, die Wärme, den Luftdruck, die hydrographischen, optischen und elektrischen Verhältnisse, von denen jedoch letztere noch sehr unvollständig bekannt sind, da es zur Zeit noch am Fundamente, an der Theorie fehlt.

Unter den verschiedenen Theilen der Meteorologie besteht übrigens ein inniger Zusammenhang, und mit allenfallsiger Ausnahme der chemischen Beschaffenheit ist eine strenge Trennung derselben unmöglich. Um ein genaues Bild des Zusammenhanges der Erscheinungen eines Ortes zu erhalten, ist eine Berücksichtigung sämmtlicher nöthig.

Humboldt, den wir als den vorzüglichsten Beförderer der meteorologischen Wissenschaft dieses Jahrhunderts anerkennen müssen, hat die Nothwendigkeit der Vereinigung schon früh eingeesehen, und schon im vorigen Jahrhundert in seinem Werke „Versuche über die chemische Zerlegung des Luftkreises“ eine Abhandlung veröffentlicht, welche unter dem Titel „Versuche über die Beschaffenheit des Luftkreises der gemäßigten Zone“ die meteorologischen Beobachtungen enthält, die er während seines Aufenthaltes in Salzburg anstellte, und die sich über sämmtliche Theile der Meteorologie erstrecken. Die Zeit, welche er dazu verwenden konnte, war zu kurz, seine Untersuchungen zu vereinzelt, als daß er zu einem bedeutenden Resultate

hätte gelangen können, denn um den Gang der atmosphärischen Erscheinungen in unserer Zone mit nur einigem Erfolge untersuchen zu können, bedarf es nicht nur vieler Jahre, sondern auch einer großen Menge von Beobachtern, die an verschiedenen Punkten gleichzeitig ihre Forschungen anstellen. An eine derartige Verbindung war aber damals nicht zu denken.

Ungleich günstiger war Humboldt in Amerika gestellt, denn die meteorologischen Erscheinungen der heißen Zone unterscheiden sich von denen der gemäßigten und kalten sehr zu ihrem Vortheile dadurch, daß sie ungleich regelmäßiger auftreten, und in wenigen Tagen lassen sich dort Gesetzmäßigkeiten erkennen, die man bei uns erst aus dem durch mehrjährige Beobachtungen abgeleiteten mittleren Ganges der Instrumente herausfindet.

Im Nachstehenden sollen die Forschungen Humboldt's über meteorologische Gegenstände näher besprochen werden und ich werde sie unter Umgehung der Electricität in die Paragraphen: Chemische Zusammensetzung der Luft, Wärme, Luftdruck, Hydrometeore und optische Verhältnisse einteilen. Wenn ich hiebei ein paar Gegenstände, wie Wärme des Bodens und des Meeres einschalte, so möge dieses darum verziehen werden, weil Humboldt selbst sich nicht allemal darauf beschränkt hat, meteorologische Verhältnisse von anderen Erscheinungen isolirt zu bearbeiten.

### 1. Chemische Beschaffenheit der Luft.

Bereits im ersten Abschnitte habe ich gezeigt, daß Humboldt sich längere Zeit mit der Untersuchung der Luftzusammensetzung beschäftigt und den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre zu durchschnittlich 27 Procenten bestimmt hat. Man bediente sich damals vorzugsweise derjenigen eudiometrischen Mittel, welche für den Sauerstoff die höchsten Ziffern gaben, theils weil man, wie bereits erwähnt, nicht glauben wollte, daß eine so geringe Quantität Sauerstoff eine so bedeutende Rolle im Haushalte der Natur spiele, theils auch, weil man die atmosphärische Luft für eine chemische Verbindung hielt.

Nach und nach überzeugte man sich, daß, wenn die Luft auch nur zum geringen Theile aus Sauerstoff besteht, die Gesamtmasse desselben dennoch eine sehr bedeutende ist, dann aber trat ein neuer Fortschritt der Chemie hinzu, die Entdeckung der Stöchiometrie. Man war vorher anzunehmen geneigt, und der verdienstvolle Berthollet war eine Hauptstütze dieser Ansicht, daß ein chemischer Körper A sich mit einer fast unbegrenzten Menge des Körpers B verbinden könne. Schüttet man z. B. in eine gewisse Quantität Wein-

geist eine ganz beliebige Menge von Wasser, so wird nach gehörigem Umschütteln jeder Tropfen der Flüssigkeit zu gleicher Zeit Wasser und Weingeist enthalten, von letzterem natürlich um so weniger, je mehr man Wasser genommen hat. Man kann aus der so erhaltenen Flüssigkeit durch Destillation Weingeist und Wasser wieder trennen, denn bei der Erwärmung wird der Weingeist sich leichter in Dampf verwandeln als das Wasser, und fängt man die nach einander fortgehenden Portionen gesondert auf, so wird der erste Theil verhältnismäßig mehr Weingeist enthalten, und die folgenden der Reihe nach immer weniger, aber schon der erste Theil enthält etwas Wasser, der letzte enthält noch etwas Weingeist. Die Trennung der Bestandtheile der Flüssigkeit, welche durch die Destillation hervorgebracht wird, ist daher nur eine theilweise, denn Wasser, das viel Weingeist enthält, ist durch Destillation dahin zu bringen, einen Theil des letzteren abzugeben, und umgekehrt; man bringt es aber durch bloße Destillation nicht dahin, daß das Wasser die letzte Spur Weingeist, der Weingeist die letzte Spur Wasser hergibt, und nach Berthollet läßt sich dieses so erklären, daß man eine gewisse Anziehung (chemische Verwandtschaft) zwischen beiden Körpern annimmt, die um so bedeutender wird, je größer die Masse des einen im Verhältniß zu der des andern wird, so daß, wenn man wenig A und viel B hat, die Anziehung der wenigen A auf die B um so kleiner wird, je mehr der letzteren sind, und daher ein Theil B leicht weggeschafft werden kann, während die Wirkung aller B, die auf die wenigen A angewiesen sind, so bedeutend ist, daß man A nicht leicht zu entfernen vermag. Die Wirkungen aller Wassertheilchen vereinen sich, die Weingeistheilchen zu binden, und je weniger der letzteren da sind, um so größer ist die auf jedes einzelne ausgeübte Anziehung. Darum vermag man nicht, durch eine bloße Destillation die beiden Stoffe vollkommen zu trennen. Wenden wir diesen Grundsatz auf die Luftbestandtheile an, so ergibt sich, daß es wohl leicht ist, einen Theil des Sauerstoffs abzuschneiden, aber um so schwerer, die letzten Spuren desselben von dem Stickstoffe zu trennen. Auf dieser Ansicht beruht auch die oben (S. 67) angeführte Stelle aus dem Humboldt'schen Werke.

Gegen dieselbe erhoben sich Richter und Dalton, die Begründer der Stöchiometrie, welche lehrten, daß die einzelnen Körper sich unter einander nur in bestimmten Verhältnissen verbinden. So verbinden sich 14 Gewichtstheile Stickstoff mit 8 Sauerstoff, dann wieder mit 16, mit 24, 30 und endlich mit 40 Theilen oder wenn man, Gay-Lussac folgend, dem Volumen nach rechnet, 2 Raumtheile Stickstoff mit 1, 2, 3, 4, 5 Sauerstoff, nicht aber mit  $1\frac{1}{10}$ ,  $1\frac{2}{10}$  u. s. w. Alle andern Stoffe, in denen meh-

vere Körper in andern als diesen Verhältnissen vorkommen, werden dieser Theorie nach als rein mechanische Gemenge betrachtet, in denen kein Theil den andern etwas angeht. Wenn man nun die atmosphärische Luft untersucht, und es treffen auf 27 Raumtheile Sauerstoff 73 Stickstoff, so entsprechen einem Theile des ersteren  $2\frac{19}{27}$  des letzteren, was dem Gesetze widerspricht, und es kann darum die atmosphärische Luft keine chemische Verbindung, sondern nur ein Gemenge sein, bei dessen Trennung eine chemische Wirkung nicht zu überwinden ist, da sie hier gar nicht besteht. Trennt man eine chemische Verbindung, z. B. diejenige, in der 14 Gewichtstheile Stickstoff mit 40 Sauerstoff verbunden sind, so ergibt sich, daß die ersten 8 Theile Sauerstoff leichter zu entfernen sind als die zweiten 8, diese leichter als die dritten u. s. w. und in ähnlicher Weise wird jetzt die oben erwähnte Erscheinung zwischen Wasser und Weingeist erklärt, in der die letzten Theile des einen Stoffes ebenfalls schwieriger zu entfernen sind. Man hätte nun fortwährend die Luft als eine derartige Verbindung von Stickstoff und Sauerstoff betrachten können; allein, abgesehen von den Schwierigkeiten, denen man bei einer Bestimmung der etwaigen chemischen Verbindung unter Berücksichtigung der stöchiometrischen Zahlen begegnet wäre, zeigte sich bei den Anhängern der Stöchiometrie im Allgemeinen die Neigung, derartige Verbindungen, wie Wasser und Weingeist, überhaupt als solche zu betrachten, in denen keine chemische Verwandtschaft thätig sei, also als Gemenge.

Es wäre zwar noch die Möglichkeit vorhanden, daß eine bestimmte Quantität des in der Atmosphäre befindlichen Sauerstoffs chemisch an Stickstoff gebunden, der Rest mit ihm nur mechanisch gemengt wäre, allein alsdann würde die atmosphärische Luft nicht aus Sauerstoff und Stickstoff, sondern aus Sauerstoff, Stickstoff und einer Verbindung der beiden bestehen, und bei einer etwaigen Analyse derselben würde man zuerst den beigemengten Sauerstoff bekommen, dann müßte der Widerstand, den das zu untersuchende Gas einer weiteren Abgabe von Sauerstoff leistet, plötzlich wachsen, und wäre auch dieser überwunden, so müßte ohne weiteres Zunehmen des Widerstandes der Sauerstoff bis zum letzten Theilchen abgegeben werden. Man würde diesem Falle noch jetzt begegnen, wenn es gelingen würde, den Stickstoff zu zerlegen und nachzuweisen, daß er aus Sauerstoff und einem noch unbekanntem Elemente zusammengesetzt sei. In diesem Falle wäre aber die Luft ein Gemenge der Sauerstoffverbindung (Stickstoff) mit überschüssigem Sauerstoffe.

Nach einigen Widersprüchen hatte sich die Richter'sche Lehre ziemlich allgemeine Geltung verschafft und während Humboldt in Amerika ver-

weilte, war die Chemie um die Stöchiometrie bereichert. Bei seiner Rückkehr war mithin die Ansicht, daß die Luft eine chemische Verbindung von Sauerstoff und Stickstoff sei, in welcher diese beiden Gasarten einer beabsichtigten Trennung Widerstand entgegensetzen, die vor seiner Abreise noch geherrscht hatte, erloschen, und die neuen, mit genaueren eudiometrischen Methoden angestellten Versuche, namentlich Davy's und Gay-Lussac's, hatten alle ein Resultat gegeben, demzufolge der Sauerstoffgehalt viel kleiner war, als man fast allgemein geglaubt hatte, denn man fand statt der früheren 27 nur 20—23 Volumprocent, und da die Richtigkeit der oben angeführten Humboldt'schen Versuche bezweifelt worden war, entschloß sich unser Gelehrter in Verbindung mit Gay-Lussac dieselben mit Hilfe der mittlerweile verbesserten Beobachtungsmethoden zu wiederholen. Die Arbeit wurde am 21. Januar 1805 in der ersten Klasse des Instituts gelesen, dann im Journal de physique LX abgedruckt und 1853 von Humboldt selbst in den „Kleinere Schriften“ in deutscher Sprache republicirt.

Die Methode, welche die beiden Forscher allen andern vorzogen, war die Volta'sche. Man fügt einer zu untersuchenden gemessenen Quantität Luft Wasserstoff in einer bestimmten Menge zu und läßt in dem so erhaltenen Gasgemenge einen elektrischen Funken von einem Elektricitätsleiter auf einen andern überspringen. Dabei verbindet sich der Sauerstoff der Probeluft mit einem Theile des beigemengten Wasserstoffs unter Explosion zu Wasser, das die tropfbarflüssige Gestalt annimmt, und aus der sich hierdurch ergebenden Volumverminderung des Gasgemenges läßt sich der Sauerstoff, der verwendet wurde, berechnen.

Als Basis der Untersuchung wurden folgende 4 Fragen aufgestellt:

- 1) Kann, wenn man ein Gemisch von Wasserstoff- und Sauerstoffgas in dem Volta'schen Eudiometer entzündet, das eine von beiden Gasen vollständig absorbiert werden?
- 2) Ist das Product ihrer Verbindung von constanter Beschaffenheit?
- 3) In welchem Verhältnisse verbinden sich die beiden Gase zu Wasser?
- 4) Welches sind die Gränzen der Fehler beim Volta'schen Eudiometer?

Die Antwort auf die erste Frage lautet bejahend für so lange, als sich das verwendete Gasgemenge nicht allzueit von der Normalzusammensetzung: 1 Raumtheil Sauerstoff, 2 Raumtheile Wasserstoff entfernt. Brachten Humboldt und Gay-Lussac 100 Theile Wasserstoff und 200 Theile Sauerstoff zusammen, so hatten nach der durch den elektrischen Funken verursachten Explosion 146 Theile des Ganzen Wasser gebildet, und derselbe Erfolg blieb bis zu dem Gasgemenge: 100 Wasserstoff und 900 Sauerstoff,



allemal verschwanden 146 Raumintheile. Sobald aber bei gleichbleibendem Wasserstoffe der Sauerstoffgehalt über die angegebene Gränze vermehrt wurde, nahm die durch die Explosion verursachte Absorption ab, und wenn dann der Sauerstoff auf 1600 anwuchs, fand keine Explosion und keine Absorption mehr statt. Ein analoges Resultat ergab sich bei verhältnißmäßiger Vermehrung des Wasserstoffvolums gegen das des Sauerstoffs. Hieraus folgt, daß, wenn das eine Gas ganz verschwinden soll, das Verhältniß in der Menge der beiden Luftarten nicht eine gewisse Gränze überschreiten dürfe, denn wenn bei einer etwaigen Luftuntersuchung von dem in der Luft enthaltenen Sauerstoffe ein Theil nicht absorbiert wird, so kann man offenbar aus der absorbirten Menge nicht auf den Gesamtsauerstoffgehalt schließen. Wird irgend eine Luft untersucht, so muß derselben Wasserstoff beigemischt werden, aber man muß sich hüten, davon zu viel zu nehmen. Hat man im Verhältniß zu dem vorhandenen Sauerstoff zu viel Wasserstoff genommen, so wirkt ein Theil des letzteren hemmend, und gerade so, wie wenn er gar keine Verwandtschaft zu dem Sauerstoffe hätte. Eben so hemmend wirken diejenigen Gase, die sich in der That entweder gar nicht oder nur auf indirectem Wege mit dem Sauerstoffe verbinden, wie Kohlen säure oder Stickstoff. Ist demnach eine Luft sehr arm an Sauerstoff, wäre etwa ein Stickstoff zu untersuchen, der nur mit etwas Sauerstoff verunreinigt ist, so würde das gewöhnliche Verfahren keine Spur des letzteren anzeigen, wenn auch die Menge des beigefügten Wasserstoffs nicht zu groß wäre, und es ist daher in diesem Falle vor dem Versuche eine angemessene Quantität Sauerstoff beizufügen, worauf erst von der Gesamtaborption der betreffende Theil abzuziehen und der Rest als die Wirkung des ursprünglich vorhandenen Sauerstoffs zu betrachten ist.

Die Erklärung dieser auffallenden Thatsache sucht Humboldt in der Analogie mit den übrigen Verbrennungen. Soll ein Körper verbrennen, d. i. sich mit Sauerstoff verbinden, so muß seine Temperatur bis zu einem bestimmten, aber je nach der Natur des Körpers verschiedenen Punkte erhöht, er muß entzündet werden. Während der Verbrennung wird Wärme entwickelt, und diese erhöht die Temperatur der brennenden Stelle zunächst liegenden, aber noch unverbrannten Theile. Geschieht dieses bis zu dem Grade, der zur Entzündung nothwendig ist, so brennt der Körper fort, im entgegengesetzten Falle erlischt er, wenn nicht stets durch neue Wärmezufuhr dafür Sorge getragen wird, daß er gehörig warm bleibt. Dieser letztere Fall kann von zweierlei Ursachen herrühren. Entweder ist die Wärmeentwicklung überhaupt sehr gering und die Entzündungstemperatur sehr

hoch, dann muß man fortwährend nachwärmen, oder um die brennende Stelle sind zu viele andere Körper, welche die Wärme, die sonst die Entzündungstemperatur hervorbrächte, fortführen. In diesem Falle wird durch die Entfernung dieser ableitenden Stoffe das Brennen erhalten werden. Angezündete Kohle brennt an der atmosphärischen Luft fort; sie erwärmt zwar die Luft um sich herum, es bleibt aber genug Wärme zurück, um die der Verbrennungsstelle nahe liegenden Kohlentheile so weit zu erhitzen, daß nun auch dort eine Verbrennung beginnen kann. Das Verbrennen der Kohle ist eine Verbindung des Kohlenstoffs mit dem Sauerstoffe, und der Stickstoff der Luft schadet dabei insofern, daß durch ihn ein großer Theil der Verbindungswärme entführt wird; es wird daher dieser Verlust wegfallen, sowie der Stickstoff entfernt wird, und darum brennt auch die Kohle im Sauerstoffe viel lebhafter als in der atmosphärischen Luft. Nimmt man der verbrennenden Kohle mehr Wärme, als es der Stickstoff der Luft thut, hält man sie an kaltes Metall, oder steckt man sie in Wasser, so wird sie dadurch so bedeutend abgekühlt, daß sie die Entzündungswärme nicht mehr behält und erlischt. Dasselbe geschieht auch, wenn man den Stickstoffgehalt einer Luft sehr vermehrt, oder eine bedeutende Menge eines anderen, nicht brennbaren und das Brennen nicht unterhaltenden Gases einführt, und darum erlöschen die Lichter in sauerstoffarmer Luft.

Gehen wir jetzt auf unsere Luftuntersuchung zurück, so bewirkt der elektrische Funke an einer Stelle des Gases eine sehr hohe Temperatur, wodurch die Entzündung eingeleitet wird. Läßt man nun einen Funken durch ein Gasgemenge von 1 Raumtheil Sauerstoff und 2 Theilen Wasserstoff gehen, so daß allenthalben dasselbe Verhältniß beider Gase besteht, so verbindet sich ein kleines Quantum derselben an der Stelle, wo der Funke durchgeht, bildet Wasser und entwickelt dabei so viel Wärme, daß sich die nächstgelegenen Parthien entzünden u. s. w. Nimmt man aber 10 Theile Sauerstoff und 2 Theile Wasserstoff, so entzündet sich wieder eine Parthie durch den Funken, aber es verbinden sich nur 2 Theile des Wasserstoffs der zunächst erhitzten Gegend mit 1 Sauerstoff, und die übrigen 9 Theile Sauerstoff müssen erwärmt werden, ohne daß sie selbst etwas zur Verbrennung beitragen. Die Verbindung der Gase hört daher vor der gänzlichen Consumtion des einen auf. Es kann sogar durch ein noch größeres Uebermaaß von Sauerstoff die ganze Entzündung verhindert werden, und den gleichen Einfluß wie eine zu große Quantität Sauerstoff übt auch ein Uebermaaß von Wasserstoff oder von einem anderen Gase aus.

Humboldt macht von diesem Sage eine sehr interessante Anwendung

auf die Erklärung der Feuermeteore, indem er nachweist, daß diese durch Verbrennen von Wasserstoff nicht erklärt werden können. Er sagt: „Es gibt zwischen Sauerstoff und Wasserstoff oder zwischen beiden und Stickstoff Mischungsverhältnisse, in denen eine vollständige Verbrennung stattfindet. Es gibt andere, in welchen die Verbrennung aufhört, ehe sie vollendet ist; in noch anderen kann sie überhaupt nicht vor sich gehen. Der gesammte nicht verbrannte Wasserstoff findet sich im Rückstand wieder. Läßt sich durch den elektrischen Funken eine vollständige Entzündung des Wasserstoffs nicht bewirken, oder nicht einmal einleiten, so hat man nur die Menge des Sauerstoffs oder Wasserstoffs zu vermehren. Die Feuermeteore können nicht von einer Entzündung des Wasserstoffs herrühren, weil in den Regionen, in welche man die wichtigsten versetzt, — wie die heftigen und plötzlichen Regengüsse beweisen, welche zuweilen auf einen Donnerschlag folgen, — sich mehr als 6 Procente Wasserstoff befinden müßten, ohne die keine Entzündung geschieht; und auch dann würde nur der Ueberschuß über diesen Gehalt sich entzünden können.“ Es ist mithin, wie Humboldt zeigt, die Annahme, daß Blitze u. s. w. von Verbrennungen von in der Luft befindlichem Wasserstoffe herrühren, unzulässig, da die Menge des letzteren zu gering ist, um überhaupt noch eine Verbrennung möglich zu machen.

Die erste der obigen vier Fragen wird mithin für den Fall bejaht, wenn das zu untersuchende Gasgemenge annähernd 1 Raumtheil Sauerstoff auf je 2 Wasserstoff enthält, und die Menge der außerdem beigemischten Gase nicht allzugroß ist.

Die zweite der Fragen, ob das Verbrennungsproduct der beiden Gase constant sei, ist insofern eine Lebensfrage, als, wenn das eine Mal eine größere Menge Wasserstoff sich mit demselben Quantum Sauerstoff verbände als das andere Mal, dadurch unmöglich würde, aus der Menge des absorbirten Gases auf den vorhandenen Sauerstoff zu schließen.

Das Resultat der Untersuchung bejahte die gestellte Frage, und diese Versuche können daher als ein weiterer Beweis für die Stöchiometrie betrachtet werden, welche behauptet, daß die Verbindungen zwischen je 2 Stoffen constant seien. — Es kann dem zufolge das Wasser nicht das eine Mal mehr, das andere Mal weniger als 88,9 Gewichtsprocente Sauerstoff enthalten. Die Versuche Humboldt's und Gay-Lussac's zeigen aber auch, daß bei der fraglichen Explosion sich stets Wasser und nichts Anderes als dieses bilden könne.

Die Beantwortung der dritten der obigen Fragen ist ganz das Resultat der Gay-Lussac'schen Untersuchungen, wie Humboldt in der Vor-

rede zu den „Kleinereu Schriften (Stuttgart und Tübingen 1853) ausdrücklich erklärt und ich begnüge mich daher hier mit der Angabe, daß 100 Raumtheile Sauerstoff sich mit 200 Raumtheilen Wasserstoff verbinden, und daß dieses einfache Gesetz Gay-Lussac auf die Entdeckung führte, daß auch die Verbindungen der übrigen Gase sich in ähnlicher Weise durch ganz kleine Zahlen ausdrücken lassen; wie das S. 130. angeführte Beispiel der Verbindungen von Sauerstoff und Stickstoff zeigt. Wenn oben angegeben wurde, daß bei einer Zusammenbringung von 100 Theilen Wasserstoff mit Sauerstoff 146 Theile verschwinden, so läßt sich daraus schließen, daß eines der Gase oder beide unrein wären; denn es hätten auf 100 Wasserstoff 50 Sauerstoff, im Ganzen also 150 verschwinden sollen. Diese Verunreinigungen sind auch in der That von den beiden Forschern gefunden worden.

Es bleibt uns nunmehr nur noch die letzte der Fragen zu beantworten übrig, die, welche Genauigkeit die Messungen nach der Volta'schen Methode haben.

Die Bestimmung der Genauigkeit einer Untersuchungsmethode kann je nach deren Natur auf der Erfüllung sehr verschiedener Aufgaben beruhen. Hat man Messungen zu machen, so wird die Genauigkeit des Maasstabes von bedeutendem Einflusse sein; bei der Messung von Gasen wird die Graduirung der Glasröhre, in der die Luft gemessen wird, die Stelle des Maasstabes vertreten, und eine Röhre, die bis auf Intervalle von ein paar Cubit-Linien eingetheilt ist, wird genauere Resultate geben, als wenn die Intervalle größer sind. Außerdem kommt es noch darauf an, in welchem Verhältnisse das, was man bestimmen will, zu dem steht, was man unmittelbar abliest. Will man z. B. die Luft vermittelst Phosphor untersuchen, indem man eine Stange desselben in die durch Wasser abgesperrte Untersuchungsluft bringt, so wird der Sauerstoff der Luft absorbirt, und der Verlust der Luft, der sich nach geschäherer Thermometer- und Barometercorrection ergibt, wird den ursprünglichen Gehalt an Sauerstoff anzeigen. Ist die Glasröhre so abgetheilt, daß man bei dem Ablesen der Calibrirung zwar Procente des Ganzen noch schätzen kann, aber wenn es sich um den dritten Theil eines Procentes handelt, unsicher ist, so kann das abgelesene Volumen  $\frac{1}{200}$  zu groß, es kann auch um dieselbe Quantität zu klein sein. Die Aenderung des Luftvolums kommt einzig und allein vom Sauerstoffe her, und darum wird die Bestimmung dieses Sauerstoffs fehlerhaft. Bei dem Volta'schen Eudiometer hat man ebenfalls eine Volumverminderung, aber hier verschwinden mit je 1 Theil Sauerstoff 2 Theile Wasserstoff; und wenn

der Ablefungsfehler wieder  $\frac{1}{300}$ . ausmacht, so fällt davon auf den Sauerstoff nur  $\frac{1}{2.300}$  oder  $\frac{1}{900}$  und die Volta'sche Methode ist daher dreimal so genau als die vorhergehende. Es kommt aber bei der Volta'schen Untersuchung noch darauf an, in welchem Grade der Reinheit sich die der Luft vor der Explosion beigefügten Gase verbinden, und welchen Einfluß eine allenfallsige Verunreinigung des einen oder des anderen habe. Man macht zu diesem Zwecke künstlich Gemenge von Luft, deren Zusammensetzung man kennt, und vergleicht dann das Resultat der Untersuchung. Je mehrerlei Stoffe man zu einer Messung nöthig hat, um so mehr Möglichkeiten zu Fehlern sind vorhanden, und in diesem Punkte hat die Phosphoruntersuchung wieder einigen Vortheil vor der Wasserstoffmethode, weil bei ihr kein Gas zugeführt werden muß.

Die Vergleichung aller dieser Wirkungen, deren Detail ich hier übergehen will, führte Humboldt und Gay-Lussac zu dem Resultate, daß ihre Bestimmungen bis auf 0,001 der angewandten Luft unsicher seien, d. h. die von ihnen erzielten Größen können um  $\frac{1}{10}$  Procent größer oder kleiner sein (um  $\frac{3}{10}$  aber, wenn das Verhältniß 1 Sauerstoff zu 2 Wasserstoff unrichtig, das von Fourcroy = Bauquelin und Séguin gefundene 1:2,05 richtig wäre, was jedoch nicht der Fall ist).

Nachdem sich die beiden Forscher überzeugt hatten, daß ihre Methode unter allen bis dahin bekannten die genaueste sei, wandten sie sich zu deren Anwendung. Es wurde Luft mitten auf der Seine bei kalter, gemäßigter und regnerischer Witterung und bei verschiedenen Winden aufgefangen und am nämlichen Tage noch untersucht. Auch Wasserstoffuntersuchungen wurden gemacht, um auf die oben angeedeutete Entstehungsart der Feuermeteore einen Schluß ziehen zu können. Die Resultate sind: 1) Die Zusammensetzung der Atmosphäre verändert sich im Allgemeinen nicht. 2) Der Sauerstoffgehalt derselben beträgt 21 Procente. 3) Die Luft enthält keine nachweisbare Menge Wasserstoffs.

„Steht es nun fest,“ sagt Humboldt, „daß die Zusammensetzung der Atmosphäre im Allgemeinen sich gleich bleibt, so muß der Grund der Verschiedenheiten, welche man darin zu entdecken glaubte, in den örtlichen Verhältnissen gesucht werden, in welchen man die Luft analysirte. Vulkane auf hohen Bergen, eigenthümliche Gährungen, stehende Gewässer eines Sumpfes oder See's, könnten vielleicht die Reinheit der angränzenden Atmosphäre, sei es durch Entziehung von Sauerstoff oder durch Ausdünstung nicht athembarer Gase, ein wenig beeinträchtigen; wie gering muß aber eine solche Verminderung des Sauerstoffgehalts in einer so großen, fortwährend

bewegten Luftmasse sein, wenn man bedenkt, daß selbst an Orten, wo eine große Menschenmasse versammelt ist, oder wo ein wahrer Herd von Ansteckungstoffen zu sein scheint, die Luft nur sehr kleine Schwankungen erfährt! Wir haben zwei Luftproben analysirt, von denen die eine mitten aus dem Parterre des Théâtre français kurz vor Beginn des zweiten Stückes, drei und eine halbe Stunde nach der Zusammenkunft einer großen Zuschauermenge, genommen war, die andere aber drei Minuten nach Beendigung des Schauspiels im höchsten Theile des Saales aufgefangen wurde. Beide Proben trübten kaum das Kalkwasser,<sup>1</sup> und während die äußere atmosphärische Luft 0,210 Sauerstoff aufwies, zeigte die Luft aus dem Parterre 0,202 und die aus dem oberen Theile des Saales 0,204.“

„Seguin analysirte schon früher die Luft aus den Sälen von Krankenhäusern; er hatte sie 12 Stunden fest verschlossen stehen lassen, und fand sie dann fast eben so rein wie die atmosphärische Luft, obgleich sie einen un-erträglich üblen Geruch besaß.“

„Wenn also die Luft selbst unter den dem Verbrauch von Sauerstoff günstigsten Umständen nicht 1 Procent daran verliert, so läßt sich daraus kein Grund entnehmen für die Beklemmung, welche man an eingeschlossenen und mit Menschen erfüllten Orten empfindet, oder für die Krankheiten, welche See'n und Sümpfen oder gewissen Ländern eigenthümlich sind. In manchen Fällen mögen Dünste die Ursache sein, die allen unsern eudiometrischen Mitteln entschlüpfen und in eigenthümlicher Weise auf unsern Körper wirken. So können eine einzige Blase Schwefelwasserstoffs oder Chlors, eine faulige Ausdünstung, selbst eine Blume einen ungeheueren Raum mit ihrem Geruch erfüllen, und uns durch ihre außerordentliche Vertheilung in Erstaunen setzen, selbst dann, wenn wir auf dem Punkte stehen, ihrer Wirkung zu erliegen. Die Pestmiasmen mögen ebenso sein, darum aber nicht minder tödtlich sein, und sie entgehen gleichfalls allen unsern analytischen Hilfsmitteln. Vermögen wir indessen auch nicht, diese atomfeinen Wesen fest zu halten und ihre Natur zu bestimmen, so können wir doch glücklicherweise, nach den für die Menschheit so wohlthätigen Arbeiten Guyton's<sup>2</sup>, zum wenigsten ihre Wirkung vernichten. In andern Fällen mögen die Krankheiten ihre Ursache in der Feuchtigkeit, der Temperatur, der elektrischen Span-

1) Sie zeigten also kaum eine Spur von Kohlenäure, dem Producte der Respiration. Der Verf.

2) Guyton de Morveau entdeckte 1773 die Chlorräucherungen, ein Mittel, die in der Luft befindlichen Miasmen durch Chlor zu zerstören. Der Verf.

nung der Luft oder überhaupt in dem Zustande der Atmosphäre haben, so weit derselbe in Beziehung zu der gerade in uns befindlichen Disposition steht, und unter diesen vielleicht sehr häufigen Umständen kann die Krankheit große Verheerungen anrichten, ohne daß man ihren Fortschritt zu hemmen vermöchte. Es wäre eine Täuschung, alles einer einzigen Ursache zuzuschreiben, wenn der Gesundheitszustand des Menschen von dem Zusammenwirken aller ihn umgebenden Einflüsse abhängig ist.“

Das chemisch reine Wasser besteht aus 2 verschiedenen Gasen, dem Gewichte nach aus 88,9 Procenten Sauerstoff und 11,1 Wasserstoff. Man kann weder von dem einen noch von dem anderen Bestandtheile etwas wegnehmen, ohne das Bestehen des Wassers zur Unmöglichkeit zu machen, denn die Entfernung auch der kleinsten Menge von Sauerstoff würde das Freiwerden des entsprechenden Anthells von Wasserstoff nach sich ziehen. Es ist aber möglich, daß das Wasser als solches ebenso wie auch andere Flüssigkeiten größere oder kleinere Mengen verschiedener Gase veranlaßt, ihren luftförmigen Zustand aufzugeben und sich in der Flüssigkeit gewissermaßen aufzulösen, absorbirt zu werden, und es ist dieses, wenn etwa Sauerstoff absorbirt worden ist, nicht eine Verbindung von 1 Gewichtstheil Wasserstoff mit mehr als 8 Gewichtstheilen Sauerstoff. Das so absorbirt Gas wird darum auch leichter abgetrieben werden können als die Trennung der Wasserbestandtheile vor sich geht, und Erhöhung der Temperatur der Flüssigkeit reicht im Allgemeinen hin, den größten Theil davon frei zu machen. Unter den so absorbirten Gasen spielt besonders der Sauerstoff eine große Rolle im Haushalte der Natur, denn er dient zur Respiration aller im Wasser lebenden Geschöpfe. Der durch die Kiemen athmende Fisch lebt so gut von Sauerstoff als das durch die Lungen Luft einnehmende Säugethier, aber er ist nicht im Stande, das Wasser zu zerlegen, sondern ist einzig und allein auf den absorbirten Sauerstoff angewiesen, und geht zu Grunde, wenn man ihn in ausgekochtes (luftfreies) Wasser bringt.

Das Vermögen, von dem Wasser absorbirt zu werden, ist für die verschiedenen Gase verschieden, und während ersteres von dem Ammoniakgase bei einer Wärme von  $0^{\circ}$  1050 Raumtheile aufnimmt, absorbirt es von dem Sauerstoffe bei derselben Temperatur nur 0,041, vom Stickstoffe nur 0,020.

Die Thatfache, daß das Wasser Luft aufzunehmen vermag, kennt man schon seit langer Zeit, denn es ist eine alltägliche Erfahrung, daß frisches Wasser, das man einige Zeit in einem Gefäße stehen läßt, an den Wandungen des letzteren eine größere oder kleinere Menge von Luftblasen absetzt,

was davon herrührt, daß das Wasser, welches nach und nach in dem Gefäße eine höhere Temperatur angenommen hat; dadurch veranlaßt wird, einen Theil der in der Kälte aufgenommenen Luft abzugeben. Solange man noch von der Luft überhaupt keine klaren Begriffe hatte, war an eine Untersuchung der im Wasser absorbirten nicht zu denken. Priestley, der, wie bereits gezeigt wurde, als der Gründer der pneumatischen Chemie betrachtet werden muß, unterzog sich zuerst dieser Aufgabe und fand, im Wasser sei eine Luft, die an Sauerstoff oder [nach ihm] an dephlogistisirter Luft reicher ist, als die atmosphärische, ein Resultat, das auch durch die späteren Untersuchungen von Lavoisier, Ingenhousz und Berzelius bestätigt wurde.

Humboldt und Gay-Lussac untersuchten die in Flüssigkeiten absorbirte Luft in den verschiedensten Umständen: sie nahmen Fluß-, Regen-, Eis- und Schneewasser, Auflösungen von Salzen u. s. w., doch haben sie in der erwähnten Abhandlung nur einen sehr kleinen Theil ihrer Resultate veröffentlicht.

Je wärmer das Wasser ist, um so geringer wird die Quantität von Luft sein, die von demselben absorbirt werden kann, und wenn man daher Wasser nach und nach bis zum Sieden erhitzt, entfernt sich die Luft vollständig daraus, ein Theil dagegen, wenn das Wasser gefriert.

Fingen die beiden Forscher die sich allmählig entwickelnden Luftportionen in verschiedenen Zeiträumen auf, so zeigte sich das auffallende Phänomen, daß das Verhältniß des Sauerstoffs zum Stickstoffe jedes Mal ein anderes war. Der Sauerstoff wird in verhältnißmäßig größerer Quantität aufgenommen als der Stickstoff, und bei dem Ausschneiden beider geht zuerst eine größere Quantität des letzteren fort, weshalb die später abgeschiedene Luft einen größeren Sauerstoffgehalt hat als die erstere. Bei Seinenwasser enthielten die nach einander frei gewordenen Gemenge 23,7, 27,4, 30,2 32,5 Procente Sauerstoff, bei Schneewasser 24,0 und 34,8, bei Wasser aus frisch gefallenem Schnee 24,0, 26,8, 29,6, 32,0 und 34,8.

Humboldt und Gay-Lussac untersuchten auch die Verhältnisse, welche sich ergaben, wenn lufthaltiges Wasser mit einer andern Luftart in Berührung kommt, das Ergebnis z. B., wenn man lufthaltiges Wasser unter einer Glocke absperrt, in der sich noch Sauerstoff befindet. Sie fanden, daß in diesem Falle Stickstoff ausgetrieben und durch Sauerstoff ersetzt werden kann, während der umgekehrte Fall eintritt, wenn die Glocke statt Sauerstoffs Stickstoff enthält; doch haben sie in dieser Richtung ihre Arbeit nicht vollendet und ihre bisherigen Resultate nur als provisorische angegeben.



Ihrem Vorfage, die Arbeit später zu vervollständigen, scheinen sich Hindernisse in den Weg gestellt zu haben.

Diese Resultate Humboldt's und Gay-Lussac's sind durch die neuen Forschungen von Boussingault, Leslie und Regnault dem Wesen nach bestätigt worden, insofern es sich darum handelt, festzustellen, wie viele Procente Sauerstoff die Luft enthalte. Die Bestimmungen der neueren Forscher sind genauer, die Größe des möglichen Fehlers ihrer Beobachtungen ist geringer, aber das Resultat, das sie erhalten, ist dasselbe wie das Humboldt's und Gay-Lussac's, oder ist wenigstens hiervon nicht über die Grenzen verschieden, innerhalb deren letztere Forscher ihre Resultate als unsicher angaben. Es hat sich dagegen gezeigt, daß allerdings Schwankungen in der Zusammensetzung der Luft vorhanden sind. Diese Abweichungen sind aber so gering, daß sie nur mit Hilfe von sehr genauen Untersuchungsmethoden wahrnehmbar sind.

Im Jahre 1847 hat Regnault einen Plan entworfen, die Untersuchung der atmosphärischen Luft in großartigem Maasstabe zu betreiben, indem er vorschlug, an möglichst vielen Orten am 1. und 15. jeden Monats Mittags durch an beiden Enden fein ausgezogene Glasröhren Luft mit Hilfe eines Blasbalgs durchzutreiben, die Röhren zuzuschmelzen und die so gewonnenen Luftproben später nach einer gleichmäßigen Methode zu analysiren.

Als einstweiliges Resultat veröffentlichte Regnault 1852 (Ann. ch. ph. [3] XXXVI.) mehrere Proben, die er für bis auf 0,02 Procente sicher hält. Ein Theil seiner Resultate sind folgende Zahlen:

100	Proben aus Paris und Umgebung:	20,913—20,999	Procente Sauerstoff.
9	= =	Lyon, Montpellier, Saint Martin aux Arbres	20,918—20,966.
30	= =	Berlin	20,908—20,966.
10	= =	Madrid	20,916—20,982.
23	= =	Genf, Mont-Salève, Mont-Buet	20,909—20,993.
15	= =	Rheide von Toulon, mittelländ. Meer und Hafen von Algier,	20,912—20,965.
5	= =	Fahrt von Liverpool nach Vera-Cruz	20,918—20,965.
1	= =	Guallalamba in Ecuador	20,960.
2	= =	Pichincha (Vulkan bei Quito)	20,949—20,988.

Von 11 Proben Luft auf dem südlich von Asien gelegenen Meere genommen, gaben zwei einen anderen Sauerstoffgehalt als den normalen. Luft vom 1. Febr. 1849 vom Meerbusen von Bengalen gab 20,46 und

20,45, Luft vom Ganges am 8. März 1849 genommen zeigte 20,390—20,387. Als diese Luft aufgefangen wurde, war eben die Cholera am Ausbrechen.

Vergleicht man die Resultate, welche Regnault als normalen Stand erhalten, mit den von Humboldt und Gay-Lussac erzielten, so ergibt sich, daß der Unterschied nur darin liegt, daß die Regnault'schen Zahlen mehr Decimalen enthalten, denn die Humboldt'schen Resultate geben als Regel 21,0, einigemal 20,9 und schließen also die von Regnault für den Normalstand gewonnenen gerade ein.

## 2. Wärme.

Unter den verschiedenen Zuständen, welche wir an den Körpern, die uns umgeben und unter denen die Luft die erste Rolle spielt, beobachten, verdient der ihrer Temperatur eine besondere Berücksichtigung, denn je nach ihrer Verschiedenheit ändert sich der ganze Haushalt des Menschen. Welche Differenz in der Lebensweise ist nicht zwischen der des fast allein auf den See- und angewiesenen Eskimo und der des Bewohners der mittleren Breiten Europa's! Wie sehr weicht unser Haushalt im Winter ab von dem des Sommers!

Es kann der Beobachtung wohl keines Menschen entgehen, daß die Wärme je nach Tages- und Jahreszeit wechselt, und selbst kleine Reisen vermögen uns den Beweis zu liefern, daß die Schwankungen der Temperatur nicht allenthalben dieselben sind, sondern daß in ihnen wieder von Ort zu Ort vorkommende Aenderungen stattfinden. Darum findet man auch derartige Beobachtungen in Menge in den alten Schriftstellern; man weiß schon längst, daß die Veränderungen in dem Stande der Sonne auch Verschiedenheiten in der Temperatur hervorrufen; doch waren die Bestrebungen, die Gesetze zu erforschen, nach denen diese Aenderungen vor sich gehen, lange nur sehr untergeordnet.

Wie bereits erwähnt, treffen wir in der Naturforschung auf zweierlei verschiedene Arten von Arbeiten, auf die Anstellung von Beobachtungen und die Auffuchung von Gesetzen, die sich auf die vorausgegangenen Beobachtungen stützen.

Es gehört eine gewisse Selbstaufopferung dazu, auf die Erforschung der Gesetze, also auf das eigentliche Ziel zu verzichten, und nur durch fortgesetzte Beobachtung Thatfachen zu sammeln, die vielleicht erst nach einigen Jahr-

hunderterten von einem glücklichen Nachfolger benützt werden können, und darum sehen wir, daß die Naturwissenschaft im großen Ganzen nicht mit Beobachtungen, die uns am meisten erwünscht wären, begann, sondern mit Speculationen, die, weil auf unrichtige oder doch nur sehr im Groben gemachte Untersuchungen gestützte Grundlagen gebaut, für uns vollkommen unfruchtbar sind. Beispiele davon sehen wir in Menge in den verschiedenen naturphilosophischen Systemen der Alten.

In derselben Weise ist es auch bei der Untersuchung der Wärme gegangen: auch hier kamen zuerst auf sehr ungenaue Beobachtungen gestützte Theorien, und dann erst, als man genauer nachforschte, zeigte sich deren Unhaltbarkeit oder doch Unzulänglichkeit, da zwar Einiges im Principe richtig erkannt, aber aus Mangel an bekannten Thatsachen und daraus folgender Nichtberücksichtigung vieler wichtigen Nebenumstände, unrichtige Consequenzen daraus gezogen wurden.

Wir würden übrigens den Vorwurf der Unbilligkeit auf uns laden, wenn wir die Bestrebungen der Männer früherer Jahrhunderte so geradezu verwerfen wollten. Bloßes Beobachten führt zu nichts als eben zu einer Beobachtung, und würde man außerdem gar nichts thun, so bekäme man zuletzt eine solche Menge von Thatsachen, daß kein Mensch sie zu überblicken im Stande wäre; es muß daher von Zeit zu Zeit eine größere oder kleinere Menge derselben unter einer bestimmten Norm als Partialgesetz zusammengefaßt werden, und die Lücken zwischen mehreren derselben, die nach und nach ausgefüllt werden sollen, geben einen Fingerzeig, auf was wir bei den Untersuchungen unsere Aufmerksamkeit zu richten haben, wobei die mittlerweile gelegentlich eintretende Auffindung von Beobachtungsmitteln wie Instrumenten zu Hülfe kommt.

Die erste über bloße Vermuthungen hinausgehende Theorie der Wärme stammt von Halley<sup>1)</sup>, der sie 1693 veröffentlichte. Dieser Forscher lehrte, daß die von der Sonne verursachte Wärme in jedem Augenblicke des Tages von der Höhe abhängig sei, in welcher sich dieses Gestirn über dem Horizonte befindet, und darum wird die Wärme abnehmen, wenn die Breite wächst. Wenn man sich jedoch vom Aequator aus den Polen nähert, so findet man eine immer größere Differenz der Tagesdauer in den verschiedenen Jahreszeiten, bis endlich in diesen Punkten (wenn man von der Refraction der Sonnenstrahlen absieht) ein halbjähriger Tag (Sommer) mit einer Nacht von ebenso langer Dauer (Winter) wechselt. Dieser Umstand übt eine bedeu-

1) Philosophical Transactions.

tende Wirkung auf die Wärme aus, denn wenn auch in höheren Breiten die Sonne um Mittag nicht die Höhe erreicht, zu der sie in den Tropenländern steigt, so ersetzt die längere Dauer des Tages im Sommer, was an Intensität abgeht, weil die Wärme des einen Momentes sich zu der des vorhergehenden addirt, und eine Summe von vielen kleineren Gliedern, die von wenigen, wenn auch größeren, nicht nur erreichen, sondern sogar übertreffen kann. Haller setzte daher die Wärme eines Sommer-Tages unter dem Aequator, dem Polarkreise und dem Pole als dem Verhältniß der Zahlen 1,834, 2,310 und 2,506 entsprechend, also am Pole größer als am Aequator. Im Winter ist die Dauer der Nacht ebenso lange wie im Sommer die des Tages und der Wintertag bleibt daher in hohen Breiten um so weiter hinter der Aequatorialwärme zurück, als der Ort im Sommer begünstigt war. Es treten daher die Jahreszeiten immer weiter auseinander.

Als Haller seine Theorie, die, wie man sieht, allein auf dem Stande der Sonne und der Dauer des Tages beruht, veröffentlichte, besaß man noch kaum die Mittel, ihre Richtigkeit oder Unrichtigkeit durch die Beobachtung zu bestimmen, denn das Instrument, womit dieses geschieht, das Thermometer, war damals noch in einem Zustande, der es zu einem solchen Gebrauche nicht befähigte. Zwar soll Drebbel im Jahre 1630 Thermometer construirt haben, allein man hatte sich damals noch nicht über die Temperaturen geeinigt, die als die Ausgangspunkte bei solchen Bestimmungen nothwendig sind. Es hatte damals fast jedes Instrument eine andere Eintheilung, und man konnte zwar mit einem derselben wohl angeben, daß es wärmer oder kälter geworden sei, man konnte aber noch nicht bestimmen, welchem Stande des einen Instrumentes der eines andern entspreche, d. i. man hatte keine vergleichbaren Resultate! Noch 1714 nahm Newton als fixe Punkte seines Thermometers die Wärme des schmelzenden Eises und die seines Körpers und theilte die Differenz in 12 Grade. Es geht daraus hervor, daß nur Newton Instrumente machen konnte, bei denen der Grad derselben Temperaturdifferenz entsprach, denn wenn auch die Wärme des menschlichen Körpers wenig Schwankungen unterworfen ist, bleibt sie doch nicht für alle Individuen genau die nämliche, und diese Eintheilung ist, wenn auch in geringerem Grade (denn die Mittelwärme des Menschen schwankt nicht so bedeutend), ungefähr dasselbe, als wenn ein Mensch die Länge seiner Fußsohle als Fußmaaß anwenden wollte, denn diese Länge wechselt auch von einem Menschen zum andern.

Noch längere Zeit hindurch hatte man ein ganzes Gewirre von Thermometereintheilungen, bis endlich um die Mitte des vorigen Jahrhunderts

die jetzt üblichen nach Fahrenheit, Réaumur und Celsius<sup>1</sup>, die ganz genau auf einander reducirbar sind, die Oberhand gewannen.

Auch Mairan<sup>2</sup> hielt sich zunächst an die astronomische Stellung der Sonne; er legte vorzugsweise Werth auf die Bestimmung des Temperaturmaximum und Minimum und nahm das arithmetische Mittel beider als Jahresmittel. Die Rechnung ergab ihm das Verhältniß unserer Sommerwärme zu der des Winters wie 16:1. Er verglich sein Resultat mit der Beobachtung und dem von Amonton bestimmten absoluten Nullpunkt, da er, wie dieses auch jetzt noch geschieht, von der Ansicht ausging, daß der Schmelzpunkt des Eises zwar eine niedrige Wärme, aber nicht gar keine, nicht den absoluten Nullpunkt bezeichne. Amonton hatte aus der Ausdehnung der Luft abgeleitet, daß, wenn man die Kellerwärme zu Paris zu 54°, den Schmelzpunkt des Eises zu 52½° setzt, bei 0° jener absolute Nullpunkt<sup>3</sup> sei. Rechnete nun Mairan von diesem absoluten Nullpunkt aus, so fand er, daß die Winterwärme viel mehr als 1/16 der Sommertemperatur beträgt und es blieb ihm daher übrig, die Ursache dieser Erscheinung zu suchen. Er nahm an, Wärme komme aus dem Inneren der Erde und sei das ganze Jahr constant, und zu dieser Wärme, welche eigentlich die Hauptsache des Ganzen ausmache, komme im Sommer mehr, im Winter weniger Sonnenwärme. Es ist das ganze Verhältniß etwa mit dem Wasserstande eines tiefen Sees zu vergleichen. Zu einem Quantum, das man als fortwährend in ihm enthalten annehmen kann, komme im Winter ein gewisser Zuschuß, im Sommer dagegen 16mal soviel, so wird das Resultat ein Schwanke des Niveaus sein, aber das Verhältniß der ganzen Tiefe im Sommer zu der des Winters wird um so weniger von der Einheit verschieden sein, je tiefer der See, und bei der Wärme um so je weniger, je tiefer der absolute Nullpunkt, d. i. je größer die von dem Erdbinnern hergegebene Wärme ist.

Auf dieser Unterscheidung beruht auch Mairan's Bezeichnung der wirklichen und der solaren Jahreszeiten. Die nächste Folge seiner

1) Im gegenwärtigen Kapitel sollen nach Humboldt's Vorgange durchaus die Celsiusgrade, deren 100 die Wärmedifferenz zwischen schmelzendem Eise und bei 760<sup>mm</sup> Barometerstand siedendem Wasser ausmachen, genommen werden.

2) Mém. de l'Académie 1719 und 1765.

3) Die Kellerwärme zu Paris beträgt 11°,7 C also entspricht jeder Grad Amonton's 4,68 Graden Celsius und 52½° A = 245°,7 C. In neuester Zeit hat Redtenbacher (das Dynamidensystem S. 61) den absoluten Nullpunkt zu 272°,5 unter dem Gefrierpunkt bestimmt. Die Angabe Amonton's fehlt also nicht sehr bedeutend.

vorzugsweise aber der Halley'schen Arbeit war die Annahme, daß in jeder Hemisphäre der Sommer in allen Breiten eine gleiche Temperatur habe, weil in den höheren Breiten durch die Tageslänge ersetzt werde, was an der Höhe der Sonne abgeht, eine Annahme, welche auf der fortwährenden Wechselung der Temperatur extreme mit den Temperaturmitteln beruhte.

Auf die Dauer genügten die Halley-Mairan'schen Formeln den Beobachtungen, die nun allerwärts gemacht wurden, nicht mehr, und Tobias Mayer<sup>1</sup> stellte empirisch eine andere auf, die sich zwar auf die Mairan'schen Sätze zurückführen läßt, auf die er aber vermitteltst eines ganz anderen Weges gelangte. Er nahm nämlich an, die mittlere Wärme eines Ortes, sei gleich einer durch Beobachtung zu bestimmenden constanten Größe  $m$  weniger einer andern, ebenfalls aus der Beobachtung abzuleitenden  $n$ , die mit dem Quadrate des Sinus der Breite zu multipliciren sei. Mayer nahm an, daß die Wärme eines Ortes als Resultat verschiedener Wirkungen, als etwas Gegebenes zu betrachten sei, dem man sich durch eine mathematische Formel allmählig zu nähern suchen müsse. Hat man nämlich eine solche Erscheinung, die wie z. B. die unfrige, sich in verschiedenen Breiten anders zeigt, so sucht man eine mathematische Formel, die sich ihr, wenn auch nur im Groben, anschließt, indem sie eine von der Breite eines Ortes abhängige Verschiebenheit der Wärme voraussetzt. Die darauf folgende Beobachtung wird die Mängel der Formel zeigen, und man ändert diese nun in einer Weise ab, daß auf die Abweichungen Rücksicht genommen wird, dann wird wieder verglichen und so lange verbessert, bis endlich die Formel entspricht. Es ist dieses eine Art und Weise, die namentlich in der Astronomie von jeher mit großem Erfolge angewendet wurde. Will man von der Mayer'schen Formel  $t = m - n \sin^2 \varphi$  Gebrauch machen, so ergibt sich daraus, daß die Wärme von einem Breitengrad zum andern wechselt, aber in demselben Breitengrade, rund um die Erde, also in allen Längen, gleich bleibt.<sup>2</sup> Es wäre nun zunächst eine Correctur nothwendig, welche die Temperatur auch für verschiedene Längen derselben Breite verschieden macht, dann eine Correctur, welche auf die Meereshöhe Rücksicht nimmt u. s. w.

1) Opera inedita I. 3.

2) Der vorstehende Ausdruck gibt nämlich an, daß die Temperatur  $t$  eines Ortes der Differenz  $m - n \sin^2 \varphi$  gleich sei. Diese Differenz wird um so größer sein, je kleiner das Product  $n \sin^2 \varphi$  ist; weil aber  $n$  eine aus der Beobachtung abgeleitete constante Größe vorstellt, so kommt die ganze Möglichkeit einer Aenderung nur dem Ausdrucke  $\sin^2 \varphi$  zu. Diese Größe wächst, wenn die Breite zunimmt, und weil mithin in höheren Breiten von  $m$  mehr abgezogen wird als in

Die Vertheilung der Wärme über die Erdoberfläche ist ein äußerst complicirtes Phänomen, und es könnte ihr nur eine ebenso zusammengesetzte mathematische Formel entsprechen; je größer aber die Zusammensetzung einer Formel wird, um so beschränkter ist ihre Brauchbarkeit, und dieses ist auch der Grund, weshalb der im Grunde ganz richtige *Mayer'sche* Vorschlag gänzlich außer Gebrauch gekommen ist.

*Lambert*<sup>1</sup> hielt sich wieder an die astronomische Stellung der Sonne und untersuchte dabei auch den Wärmeverlust, den die Erde durch die nächtlichen Erkaltungen erleidet; doch erzielte auch er, ungeachtet der vielen Vorzüge seiner Arbeit, kein mit den Beobachtungen vereinbares Resultat.

Die Wärmevertheilung, wie wir sie auf der Oberfläche der Erde wahrnehmen ist, wie bereits erwähnt, das Resultat einer außerordentlichen Menge von Ursachen. Die verschiedene Entfernung der Erde von der Sonne in den einzelnen Jahreszeiten, die Rotation der Erde und die Neigung ihrer Aze gegen die Ekliptik bedingen Verschiedenheiten in der Wirkung, welche die Sonnenstrahlen in den einzelnen Orten und wieder wechselnd nach Tages- und Jahreszeit hervorbringen. Je nachdem die Sonnenstrahlen, wenn auch unter denselben Verhältnissen, den einen und den andern Punkt der Erde treffen, wird ihr Effect je nach der Beschaffenheit der getroffenen Stelle verschieden sein, wenn Farbe, Dichtigkeit, Ein- und Ausstrahlungsvermögen und Leitungsfähigkeit der letzteren wechseln, und wir haben daher neben den astronomischen oder geographischen Verschiedenheiten noch die physikalischen Differenzen der Orte zu berücksichtigen. Alle diese mannichfaltigen Abstufungen zu bestimmen ist eine äußerst schwierige Aufgabe, doch haben die Arbeiten *Fourier's*<sup>2</sup> und *Poisson's*<sup>3</sup> wenigstens die Möglichkeit gegeben, daß (allerdings unter Voraussetzung noch nicht vollständig gemachter, also noch anzustellender Versuche über die oben genannten physikalischen Eigenschaften der von den Sonnenstrahlen getroffenen Körper) das Ziel der mathematischen Aufgabe, die Wärme eines gegebenen Punktes für jeden Augenblick vorausbestimmen zu können, etwa wie man für jeden Augenblick die Lage irgend eines Planeten angeben kann, zu erreichen sei. Die Aufgabe ist eine höchst schwierige, aber ihre Lösung wenigstens denkbar.

---

niedrigen, so bleibt als Rest weniger, und man erhält sohin für die Ortswärme einen kleineren Werth. Die Länge eines Ortes kommt in dem Ausdrücke gar nicht vor, ist also ohne Einfluß auf die Wärmebestimmung.

1) Pyrometrie.

2) Théorie analytique de la chaleur.

3) Théorie mathématique de la chaleur.

Alles dieses gilt aber nur für ein Gestirn, von dem man voraussetzt, daß darauf, wie es bei dem Monde wirklich der Fall ist, sich weder Luft noch Wasser befinde. Haben wir aber mit einem Planeten zu thun, der wie unsere Erde zum größten Theil mit Wasser bedeckt und von einer Hülle von Luft umgeben ist, so kommen zu den früheren wahrlich nicht zu verachtenden Schwierigkeiten noch weitere und viel bedeutendere, welche das Problem in einer solchen Weise verwickeln, daß von seiner Lösung auf mathematischem Wege zur Zeit gar nicht die Rede sein kann.

Durch die Strömungen von Luft und Wasser, bedingt durch die ungleiche Wirkung der Sonne in den verschiedenen Breiten, wird die Wärme der Aequatorialgegenden in die dem Pole näheren Bezirke geführt; aber die Art wie dieses geschieht, hängt von der Gestalt des Landes ab, und dessen Unregelmäßigkeiten tragen sich auf den Gang der Wärme über. Darum ist die Temperatur nicht in allen Längen desselben Breitenkreises gleich. Ebenso wird mit dem Dampfe dem Meere eine Unmasse von Wärme entführt, das derselben entledigte Wasser kehrt in den Flüssen und Strömen wieder zurück, aber die Wärme dient zur Erhöhung der Temperatur des Landes. Aus diesem Grunde ist die größere oder geringere Nähe des Oceans von hoher Bedeutung für eine Gegend, aber auch hier wirken die Unregelmäßigkeiten der Curve, welche Land und Wasser trennt. Dazu kommt, daß man nie eine größere oder kleinere Gegend für sich betrachten kann, denn jeder kleinste Fleck macht einen Theil des Ganzen aus und steht mit ihm in dem Verhältnisse von Wirkung und Gegenwirkung. Wer aber vermag die ungeheuere Mannfaltigkeit von Wirkungen von Land und Wasser, Höhe und Tiefe, dieser und jener Steinart, die über die ganze Erde verbreitet alle ihren Einfluß ausüben, unter die Botmäßigkeit einer mathematischen Formel zurückzuführen?

Aus dem Vorstehenden erhellt, daß es eine reine Unmöglichkeit ist, eine mathematische Formel zu entwerfen, die dieser unendlichen Mannfaltigkeit genügt, mit deren Hilfe man im Stande wäre anzugeben, wie warm es in einer beliebigen Zeit an diesem oder jenem Punkte der Erde sei, und man konnte sich ihrer nur so lange bedienen, als die Beobachtungen noch so sehr zurück waren, daß man gar nicht wußte, in welcher Art dieser oder jener Umstand wirke.

Darum schlug Kirwan<sup>1</sup> einen andern Weg ein, nämlich den, statt

---

1) An estimate of the Temperature of different latitudes. Transactions of the Royal Irish Academy VIII.



zuerst die Gesetze aufzustellen und dann erst zu beobachten und die Beobachtungen mit den Gesetzen zu vergleichen, zuerst zu beobachten und dann durch Vergleichung der in verschiedenen Ländern gemachten Beobachtungen die wirkenden Ursachen oder Gesetze aufzufuchen; doch sehen wir auch bei Kirwan noch einen Versuch, zuerst die Höhe der obern Schneegränze, jenes Punktes, wo wegen Kälte die Luft kein, oder nur so wenig Wasser enthält, daß kein Schnee mehr fallen kann<sup>1</sup>, zu bestimmen, und dann daraus die Wärme der Luft in einer darunter befindlichen Stelle abzuleiten. Er vergleicht jedoch auch die Temperaturen verschiedener Orte der Erde und nimmt hierzu als Normalgegend denjenigen Theil des atlantischen Meeres, der zwischen dem 80. Grade der nördlichen und dem 45. Grade der südlichen Breite sich westwärts bis an den Golfstrom und innerhalb weniger Meilen von der Küste von Amerika erstreckt, auch den ganzen Theil des südlichen Oceans, der sich vom 45. Grade der Nordbreite bis zum 40. Südbreite und von 200 bis 275 Grade östl. von London ausdehnt.

Es wäre sehr zu wünschen, daß man von jedem Orte den Gang der Temperatur für jeden Augenblick wüßte, allein da dieses eine vollkommene Unmöglichkeit ist, muß man sich darauf beschränken, längere Zeit hindurch unter sich entsprechenden Umständen zu beobachten, und dann anzunehmen, daß jedesmal diejenige Wärme vorhanden gewesen sei, welche dem arithmetischen Mittel aller Beobachtungen gleich kommt. Man hat hier zwar im Grunde genommen jedesmal einen Fehler, allein dieser wird im Allgemeinen entweder etwas über oder unter der Wahrheit sein, und von ihr nicht viel abweichen. Wir kommen so auf die Auffuchung von Mittelwärme.

Diese Aufgabe ist es, mit welcher wir Humboldt in der Abhandlung in *Mém. de la soc. d'Arcueil* III. und in den kleineren Schriften nach einer kurzen historischen Einleitung zuerst beschäftigt finden.

Soll der mittlere Zustand der Wärme für die ganze Erde bestimmt werden, so muß man zuerst die Mittel finden, diesen Zustand für einen einzigen gegebenen Ort zu bestimmen, und dieser ändert sich nicht nur im Laufe des Jahres, sondern auch in dem des Tages fortwährend. Früher hatte man geglaubt, die mittlere Wärme eines Jahres lasse sich durch die halbe

---

1) Es ist allerdings wahrscheinlich, daß es in einer gewissen Höhe über der Erde eine solche Stelle gibt, die von der untern Schneegränze, jener Linie, oberhalb welcher der Schnee das ganze Jahr liegen bleibt, wohl zu unterscheiden ist; sie ist aber jedenfalls so hoch, daß kein Berg in dieselbe reicht, wenigstens nicht bei der gegenwärtigen Vertheilung der Gebirge, und da diese obere Schneegränze noch nicht beobachtet wurde, sind alle auf sie gestützten Berechnungen unzuverlässig.

Summe des beobachteten Maximums und des Minimums ausdrücken, doch gibt diese Methode ein durchaus falsches Resultat, und ihr ist weitaus diejenige vorzuziehen, nach der die Jahrestemperatur aus dem arithmetischen Mittel aller Tageswärmen gewonnen wird; doch fragt es sich auch hier wieder, wie letztere zu finden sei. Das beste Mittel wäre, wenn man fortwährend beobachten würde, allein dieses ist, wie leicht zu sehen, nicht möglich, und selbst stündliche Beobachtungen sind nur an sehr wenigen Orten ausführbar. Ist es mithin nothwendig, sich auf eine geringere Anzahl von Beobachtungen zu beschränken, so kommt sehr viel auf die Stunden an, welche hierzu ausgewählt werden, denn das Mittel von Beobachtungen, die nur in der warmen Tageszeit angestellt sind, würde ein zu hohes, das der kalten Zeit ein zu niedriges werden.

Betrachtet man den Gang der Wärme an einem heiteren Tage, an welchem die störenden Wirkungen der Wolken fehlen, so zeigt sich, daß das Thermometer von Sonnenaufgang an steigt. Dieses Steigen ist um 9 Uhr am raschesten, wird nach und nach langsamer und hört etwa um 2 Uhr auf, worauf ein Sinken folgt, das zuerst langsamer ist, dann bis Sonnenuntergang schneller wird, und von da bis zum nächsten Sonnenaufgang sich verringert, an welchem Zeitpunkte das Steigen wieder beginnt.

Humboldt bespricht dreierlei Arten das Tagesmittel zu erhalten: 1) Man beobachtet dreimal des Tages, bei Sonnenaufgang und Untergang und um 2 Uhr Nachmittags. 2) Man beobachtet in 2 Epochen des Tages, von denen man voraussetzt, daß sie die des Maximums und des Minimums sind, nämlich bei Sonnenaufgang und um 2 Uhr Nachmittags. 3) Man beobachtet des Tages einmal zu einer Stunde, von der man in den verschiedenen Jahreszeiten gefunden hat, daß sie die mittlere Temperatur des Tages ausdrückt.

Hat man 3 Beobachtungsstunden, so muß nach Humboldt die Zwischenzeit bestimmt werden; man sucht das Mittel zweier auf einander folgenden Beobachtungen und nimmt an, die Wärme sei während der ganzen in zwischen verflossenen Zeit diesem Mittel gleich gewesen. Diese Regel wäre ganz genau, wenn die Abnahme der Wärme oder ihr Wachsen regelmäßig der Zeitproportional wäre, da aber dieses, wie aus obiger Darstellung des Ganges erhellt, nicht der Fall ist, so ist die Norm nicht ganz richtig; doch weicht sie von der Wahrheit nicht bedeutend ab. Sind z. B. die Beobachtungen gegeben, 4<sup>h</sup> Morgens 8°, 2<sup>h</sup> Nachmittags 13°, 11<sup>h</sup> Abends 10° und 4<sup>h</sup> des andern Morgens wieder 8°, so ist anzunehmen, als habe die Wärme von Morgens 4<sup>h</sup> bis 2<sup>h</sup> Nachmittags also in 10 Stunden regelmäßig zugenommen. Das

Mittel beträgt dann für die ganze Dauer von 10 Stunden in jeder  $10^{\circ},5$ , in allen  $105^{\circ}$ . In gleicher Weise ergeben sich für die Zeit von 2<sup>h</sup> bis 11<sup>h</sup>  $103^{\circ},5$  von 11<sup>h</sup> bis wieder Morgens 4<sup>h</sup> 45<sup>o</sup>. Die ganze Summe  $105 + 103,5 + 45$  dividirt durch die Zahl der Stunden, also 24, gibt  $10^{\circ},5$  als die Mittelwärme des ganzen Tages. Sind unter den Beobachtungen nicht das Maximum und das Minimum, so ist das berechnete Mittel unrichtig, weil der zwischen den 2 Beobachtungsstunden, innerhalb deren der Wendepunkt fällt, berechnete Durchschnitt zu niedrig oder zu hoch ist. Nimmt man das arithmetische Mittel von Maximum und Minimum, so geben obige Beobachtungen ebenfalls  $10^{\circ},5$ .

Beobachtet man nur Maximum und Minimum, so kann man, wie vorhin aus 3 Beobachtungen, unter Berücksichtigung der inzwischen verfloffenen Zeit die mittlere Wärme berechnen; da aber das Maximum fast ganz constant um 2<sup>h</sup> Nachmittags ist, der niedrigste Thermometerstand dagegen je nach dem Sonnenaufgang sich ändert, so entstehen Differenzen, die jedoch nie bedeutend werden und sich mit der Zeit ausgleichen. Eine andere sich mit der Zeit ebenfalls ausgleichende Unrichtigkeit ergibt sich, wenn auf einen warmen Tag ein kalter und umgekehrt folgt; man sollte eigentlich je ein Maximum und Minimum zu dem ihm vorausgehenden und dem ihm nachfolgenden Minimum und Maximum addiren und den vierten Theil der Summe beider Resultate als mittlere Tageswärme setzen, doch sind die Abweichungen im Laufe mehrerer Tage nur unbedeutend, wenn man auch nur je ein Maximum mit nur einem Minimum verbindet.

Das arithmetische Mittel der Temperaturen der Tage eines Jahres gibt die Jahreswärme, das Mittel mehrerer Jahreswärmen die mittlere Temperatur eines Ortes.

Wenn man an einem in der Nähe des Aequators befindlichen, am Meeresniveau gelegenen Orte die mittlere Wärme bestimmt und im gleichen Meridian gegen den entsprechenden Pol hingehend das gleiche Verfahren wiederholt, so wird die Wärme fortwährend niedriger werden, oder man würde, wenn man etwa den durch die Mitte von Sibirien gehenden Meridian wählen sollte, die Temperatur bis zu einem gewissen Punkte sinken und dann wieder steigen sehen. Beschränkt man sich auf die nördliche Hemisphäre, so wird man finden, daß im Innern von Sibirien und im Nordwesten von Amerika 2 Punkte niedrigster Jahreswärme sind, von denen aus die Temperatur um so mehr steigt, je größer die Entfernung von beiden Punkten, den sogenannten Kältepolen, ist. Dieses Anwachsen der Wärme geschieht, solange man sich nicht über das Meeresniveau erhebt, oder die

allenfallige Temperaturcorrection nach der Höhe nicht außer Acht läßt, nicht sprungweise, sondern geht ganz allmählig von der niedrigsten zur höchsten beobachteten Temperatur vor sich, und ist nicht etwa da und dort durch Abnahmen unterbrochen. Hieraus folgt, daß es rings um einen Kältepol herum auf einander folgende Punkte geben muß, die eine gleiche Jahreswärme besitzen, und die, wenn man sie unter einander verbindet, eine in sich geschlossene Curve geben. Diese Curven, welche lauter Punkte von gleicher Wärme verbinden, nannte Humboldt Isothermen. Die den beiden Kältepolen zunächst gelegenen Curven sind zuerst von einander getrennt, so daß wir für dieselbe Temperatur in einer Hemisphäre 2 gesonderte Ringe haben; da dieselben sich aber immer weiter von dem Pole entfernen, so gehen sie endlich in einander über und von da an besitzen wir nur je eine Curve für jede Temperatur. Das Gesetz, nach dem die Curven gestaltet sind, ist wie bereits erwähnt, ein äußerst verwickeltes, und weil es der Mathematik noch nicht gelungen ist, die Temperatur eines Ortes von gegebener Länge und Breite a priori festzustellen, ergibt sich die Nothwendigkeit, andere Mittel zu suchen, um einen Ueberblick über die Art der Wärmevertheilung über die Erde zu erlangen.

Die magnetischen Erscheinungen bieten eine ähnliche Complication der Verhältnisse, und darum hat Haller bereits vor anderhalb Jahrhunderten seine Zuflucht dazu ergriffen, auf einer Landkarte alle diejenigen Punkte zu Isogonen zu vereinen, an denen der Winkel zwischen dem magnetischen Meridian und dem astronomischen derselbe war. Dasselbe Verfahren adoptirte Humboldt in seiner oben genannten Abhandlung für die Wärme und er hat der Wissenschaft darum einen großen Dienst geleistet, weil man erst durch ihn einen deutlichen Ueberblick über die Temperaturverhältnisse der Erde gewinnen konnte. Die graphische Darstellung von sich ändernden Erscheinungen hat nämlich besonders dann, wenn man mit der reinen Mathematik nicht ausreicht, außerordentliche Vorzüge. So z. B. ist es der Mathematik durchaus unmöglich, eine Formel aufzustellen, nach der sich angeben ließe, wo auf der Erdoberfläche Meer, wo Land sei, und es muß der jeweiligen Beobachtung anheim gestellt sein, die Gestalt des Landes erst zu bestimmen. Man könnte nun für verschiedene, Punkte die auf dem Lande sind, die geographische Lage bestimmen, könnte angeben, wie weit sie vom Meere entfernt sind, und es würden so Tabellen entstehen, aus denen man auf die Gestalt des Landes schließen könnte. Dieser Fall würde etwa den Tafeln entsprechen, welche man über die mittlere Wärme verschiedener Orte besitzt, und die zwar manchen Nutzen gewähren, aber über die Wärmevertheilung

kein klares Licht werfen. Nimmt man aber statt des Längen- und Breitenverzeichnisses verschiedener Orte eine graphische Darstellung als Landkarte, so gewinnt man alsbald einen Ueberblick, und was die Landkarte in Beziehung auf die Lage, das leisten die Isothermen in Beziehung auf die Wärme eines Ortes. Wie die auf der Landkarte verzeichnete Gränze zwischen Land und Wasser stets eine in sich selbst zurücklaufende (geschlossene) Curve sein muß, so muß dieses auch bei den Isothermen der Fall sein. Dem großen Vortheile der Isothermen ist es vorzugswiese zu danken, daß es Humboldt gelungen ist, ein klares Bild von der Vertheilung der Wärme über die ganze Erde zu entwerfen, und seine Darstellung, deren Hauptzweck im Nachfolgenden wieder gegeben werden sollen, ist daher die erste, die wir über diesen Gegenstand besitzen. Seitdem Humboldt die ersten Isothermen entwarf, sind die Beobachtungen vieler Stationen bekannt geworden, und die Richtungen der Isothermen haben in der Folge manche Aenderungen und Erweiterungen erfahren, da dem Begründer viele Anhaltspunkte fehlten; nichts destoweniger bestehen sie in ihren Umrissen noch heute, und Humboldt hat der Entwidlung unserer Erfahrungen über diesen Gegenstand die Bahn gebrochen, hat aber auch, wie ich im nächsten Abschnitte zeigen werde, später noch zu der Ausbildung des Gegenstandes beigetragen.

Geht man von der Gegend des Aequators, welsch letzteren Mittelwärme Humboldt zu  $27^{\circ}$ , 5C angibt (Kirwan hatte die Zahl einen Grad höher gesetzt, Atkinson zu  $29^{\circ}$ , 2, Brewster zu  $28^{\circ}$ , 2<sup>1</sup>), gegen den Nordpol zu, so sind sich die Isothermen ziemlich parallel, d. h. die Temperatur nimmt mit wachsender Breite in allen Meridianen nahezu gleichmäßig ab, dann aber zeigt sich bei der Vergleichung von Europa und Ostamerika, daß diese Curven in Amerika dichter liegen, daß man also dort weniger weit nach Norden gehen muß, um eine bestimmte Temperaturabnahme zu beobachten, als auf der europäischen Seite des Oceans. Die Isothermen liegen nun dem Aequator nicht mehr parallel, sie wenden sich von Amerika aus gegen Norden, und ein nördlicher Punkt in Europa hat dieselbe mittlere Jahreswärme als ein in Amerika südlicher gelegener. Diese Differenz wird um so größer, je weiter man nach Norden geht, denn während die Wärme bis zum 20. Grade der Breite auf beiden Seiten um 2 Grade abnimmt, ist sie im 30. Grade im Osten um 6, im Westen um 8 Celsusgrade, unter dem 60. Breitegrade dagegen im alten Continente um 22,5, im neuen um 31,4 niedriger als

1) Humboldt in Ann. ch. ph. XXXIII.

unter dem Gleicher. Von 2 Punkten, die in  $60^{\circ}$  n. B., der eine in Europa, der andere in Amerika sind, ist letzterer um  $8^{\circ},9$  kälter als ersterer. Die Zone, in welcher die Wärme bei gleichem Vorschreiten gegen Norden am meisten abnimmt, liegt nach Humboldt in der alten und neuen Welt zwischen den Parallellkreisen von  $40^{\circ}$  und  $45^{\circ}$ . Dieser Umstand, sagt er, mußte günstig auf die Gestüftung und den Kunstfleiß der Völker einwirken, welche die dem mittlern Parallel benachbarten Länder bewohnen. Es ist dieses die Stelle, wo das Gebiet des Weinbaues sich mit dem des Delbaumes und des Citrus berührt. Nirgends sonst sieht man auf dem Erdboden, wenn man von Norden nach Süden vordringt, die Temperatur bedeutender zunehmen, nirgends auch folgen die Erzeugnisse des Pflanzenreichs und die mannfachen Gegenstände des Ackerbaues mit mehr Schnelligkeit auf einander. Eine bedeutende Verschiedenheit in den Erzeugnissen zusammengrenzender Länder belebt aber den Handel und vermehrt die Industrie der aderbauenden Völker.

Geht man von den atlantischen Ländern des neuen Continents nach Westen, so bleiben bis in's Thal des Mississippi die Isothermen dem Aequator ziemlich parallel, die mittlere Jahreswärme ändert sich daher nicht merklich, wenn man auf demselben Paralleltreife bleibt, wohl aber geschieht dieses, wenn man, das Felsengebirge überschreitend, bis an die Ostküste des großen Oceans vordringt, denn dort ziehen die Isothermen wieder gegen Norden, und ein Ort an der Küste von Westamerika ist nicht viel von einem unter gleicher Breite liegenden europäischen verschieden. Die Isothermen gehen daher in Ostamerika gegen Süden, und weil sie gegen Europa hin wieder nordwärts ziehen, zeigen sie eine gegen Norden concave Krümmung. Geht man dagegen von Westeuropa nach Osten, so zeigt sich hier im alten Continente eine dem Verhalten im neuen ganz analoge Sentung der Isothermen, und diese haben in Europa eine gegen Norden convexe Krümmung, weil aber die mittleren Isothermen um die ganze Erde herumgehend alle Meridiane schneiden, muß zwischen dem Westen von Amerika und Ostasien eine gegen Norden convexe Krümmung, zwischen diesem und Europa eine nach Norden concave Einbiegung sein, so daß die Curven zweimal gegen Norden sich heben, an den Westküsten der beiden Continente, und zweimal gegen Süden, im Innern derselben.

„Wir haben bisher gefunden, sagt Humboldt<sup>1)</sup>, daß die isothermen Linien gegen Norden weder dem Aequator noch gegen einander parallel sind,

1) Kleinere Schriften 243.

und eben wegen dieses Mangels an Parallelismus haben wir, um die Uebersicht so verwickelter Erscheinungen zu vereinfachen, um die ganze Erdoberfläche herum die Punkte aufgesucht, welche die Curven gleicher Wärme durchschneiden. Die Lage der Linie  $0^{\circ}$  wirkt nach diesen Vorstellungen wie der magnetische Aequator, dessen Inflexionen in der Südsee auf die magnetischen Neigungen in großen Erstreckungen einwirken. Man könnte sogar glauben, daß in der Vertheilung der Klimate die Linie  $0^{\circ}$  die Lage der Curve der größten Wärme, welche so zu sagen der isotherme Aequator ist, bestimme, und daß in Amerika und Asien unter  $80^{\circ}$  westl. und  $100^{\circ}$  östl. Länge die heiße Zone gleichsam mehr südlich vom Wendekreise des Krebses anfangt, oder dort weniger intensive Hitze zeige. Eine aufmerksame Prüfung der Erscheinungen lehrt aber, daß dem nicht so ist. Ueberall wo man sich der heißen Zone unterhalb des 30. Breitengrades nähert, werden die isothermen Linien allmählig unter einander und mit dem Erdäquator parallel. Die große Kälte von Canada und Sibirien erstreckt ihre Wirkung nicht bis in die Aequatorialebene.“

Die Punkte, auf welchen die mittlere Jahreswärme dieselbe ist, können sich in Beziehung auf die Reihenfolge ihres klimatischen Wechsels, trotz der gleichen mittleren Jahreswärme, bedeutend von einander unterscheiden, und der Unterschied zwischen den beiden extremen Jahreszeiten Sommer und Winter wechselt nicht nur von einer Isotherme zur anderen, sondern ist auch innerhalb der nämlichen Isotherme verschieden. Während in der Isotherme von  $20^{\circ}$  der Sommer im Mittel eine Wärme von  $25^{\circ},5$ , der Winter von  $13^{\circ},5$  hat, so daß zwischen beiden Jahreszeiten ein Unterschied von 12 Graden besteht, besitzt in der Isotherme von  $0^{\circ}$  der Sommer  $11^{\circ},5$ , der Winter  $-10^{\circ}$  und beide Epochen differiren daher um  $21^{\circ},5$ . Die zwischenliegenden Isothermen reihen sich zwischen die beiden genannten ein. Es ist aber in der Isotherme von  $20^{\circ}$  die Sommerwärme nicht allenthalben  $25^{\circ},5$  es schwankt dieselbe vielmehr zwischen 22 und 27 Graden, die Winterwärme dagegen zwischen 12 und 15. In der Isotherme von  $0^{\circ}$  schwanken die Sommer zwischen  $11^{\circ}$  und  $12^{\circ}$ , die Winter dagegen zwischen  $-16^{\circ}$  und  $-4^{\circ}$ . Betrachtet man die Winterwärme irgend eines Punktes eines beliebigen Längengrades, so wird man in den Meridianen östlich und westlich davon dieselbe Temperatur des Winters wieder antreffen müssen, doch wird im Allgemeinen dieser correspondirende Punkt sich weder in derselben Breite noch auf derselben Isotherme befinden. Dasselbe muß bei den Sommerwärmen der Fall sein. Die Verbindung dieser Punkte führte Humboldt auf die Bestimmung der Isothermen und Isochimenen, der Linien gleicher

Sommer- und der gleicher Winterwärme. Die Beobachtung der Winter-temperatur verschiedener europäischer Punkte zeigt eine große Abweichung der Isochimenen von den Isothermen, und auch von den Parallelkreisen. Auf der Insel Mageröe am Nordende von Europa ist die Isotherme von  $0^{\circ}$ , in Petersburg die von  $3^{\circ},5$ . Die Isotherme von  $0^{\circ}$  geht mithin in ihrer Verlängerung nach Osten nördlich von Petersburg vorüber; dagegen ist die Winterwärme von Mageröe um  $4^{\circ}$  höher als die von Petersburg, und die Isochimene von Mageröe führt daher in ihrer östlichen Verlängerung südlich von Petersburg vorüber. Während die Isochimenen, wenn man sie von der Westküste von Europa gegen Osten verfolgt, sich mehr südlich wenden als die Isothermen, beobachten die Isothermen das entgegengesetzte Verhalten, und die Folge davon ist, daß, je weiter wir uns von der atlantischen Küste entfernen, um so größer die Differenz der beiden entgegengesetzten Jahreszeiten sein müsse. Die Punkte, an welchen die Verschiedenheit von Sommer und Winter weniger bedeutend sind, liegen im Allgemeinen in der Nähe der Küste, die Gegenden mit großen Differenzen sind im Innern der Continente, und darauf gründete Humboldt den Unterschied zwischen Küsten- oder Insel- und Continentsklima.

„Die Unterschiede unter den Jahreszeiten, sagt Humboldt, sind weniger groß den convexen Scheiteln der isothermen Curven nahe, da wo diese Curven sich gegen den Nordpol erheben, als an den concaven Scheiteln. Dieselben Ursachen, welche auf die Erhebung oder die größere Krümmung der isothermen Linien Einfluß üben, streben auch die Temperaturen der Jahreszeiten gleicher zu machen. Ganz Europa, wenn man es mit den östlichen Theilen von Amerika und Asien vergleicht, hat ein Inselklima, und auf gleicher isothermer Linie werden in dem Maße die Sommer heißer und die Winter kälter, als man vom Meridian des Montblanc nach Osten oder Westen vorschreitet. Europa kann als die westliche Verlängerung des alten Continents angesehen werden, und die westlichen Theile aller Festländer sind nicht nur in gleichen geographischen Breiten wärmer als die östlichen, sondern es sind selbst in der Zone gleicher Jahrestemperatur auf den Ostküsten beider Continente die Winter strenger und die Sommer heißer als auf den Westküsten. Der nördliche Theil China's wie die atlantische Küstenzone der vereinigten Staaten zeigt übermäßige Klimate, stark abwechselnde Jahreszeiten, während die Küsten von Neucalifornien und die Mündung des Columbia beinahe gleich gemäßigte Sommer und Winter haben. Die Witterungsbe-

1) Kleinere Schriften 251.



schaffenheit dieser Nordwestgegenden gleicht bis zum Parallellreife von 29—52° der von Europa, und ohne die großen Ummälzungen unseres Geschlechts einzig und allein dem Einflusse der Klimate zuschreiben zu wollen, kann man doch behaupten, daß der sich kund gebende Unterschied zwischen den Ost- und Westküsten der Continente die alte Civilisation der Amerikaner im Westen begünstigt, ihre Wanderungen gegen Süden und jene Verbindungen mit Ostasien erleichtert habe, die sich in Denkmälern, religiösen Sagen und Jahres-eintheilung offenbaren. Wenn man zwei Witterungssysteme, die concaven und convexen Scheitel derselben isothermen Linien vergleicht, so findet man in Newjork einen Sommer gleich dem in Rom, und einen Winter wie in Kopenhagen, zu Quebeck einen Pariser Sommer und einen Petersburger Winter. In China, z. B. in Peking, wo die mittlere Jahrestemperatur die der bretagnischen Küsten ist, sind die Sommer heißer als in Cairo und die Winter so streng wie in Upsala.“

Indem die mittlere Jahrestemperatur einem Viertel der thermischen Summe aus der Winter-, Frühlings-, Sommer- und Herbstwärme gleich ist, werden wir auf einer und derselben isothermen Linie von 12° haben:

im concaven Scheitel in Amerika (77° w. L. v. Paris)

$$12^{\circ} = \frac{0^{\circ} + 11^{\circ},3 + 24^{\circ},2 + 12^{\circ},5}{4};$$

am convexen Scheitel in Europa (im Pariser Meridian)

$$12^{\circ} = \frac{4^{\circ},5 + 11^{\circ} + 20^{\circ},2 + 12^{\circ},3}{4};$$

im concaven Scheitel in Asien (140° östl. L. v. Paris)

$$12^{\circ} = \frac{4^{\circ} + 12^{\circ},6 + 27^{\circ} + 12^{\circ},4}{4};$$

Wenn sich die kalte Jahreszeit in die warme umändert, so steigt die Temperatur; sie steigt aber am meisten in den Monaten des Frühlings, nimmt dagegen wieder im Herbst am meisten ab. Daher ist der Gang, den die Wärme im Laufe des Jahres verfolgt, durchaus kein gleichmäßiger, denn die größte Aenderung ist in denjenigen Epochen, welche das Mittel zwischen den beiden Extremen halten, und daher auch als die Repräsentanten der mittleren Jahreswärme angesehen werden können. Ist die Wärme eines Ortes im Sommer über dem Jahresmittel, im Winter unter demselben, so muß es in den zwischenliegenden Jahreszeiten Tage und Gruppen von Tagen geben, welche sich bei nur kurzer Beobachtungsdauer zur Messung der mittleren Jahreswärme vorzugsweise eignen. Als solche Tage bestimmt Humboldt für Ofen in Ungarn die Tage vom 15—20. April und vom 15—25. October;

für Mailand vom 10—15. April und 18—27. October; unter den ganzen Monaten erklärt er den October als besonders wichtig für die Angabe des Jahresmittels, da diese danach bestimmt in der Regel nicht über einen Grad fehlt. Kirwan hatte hierzu den Monat April vorgeschlagen; doch zeigte Humboldt in einer Tabelle von 30 Orten, von denen sowohl die April- und Octoberwärme als die Jahrestemperatur bekannt sind, daß die Resultate des Aprils denen des Octobers weit nachstehen, wenn auch letztere in manchen Jahren die Grenze von 1° überschreiten.

Es bleibt nun noch übrig die Frage zu erörtern, ob die im Laufe eines Jahres an einem gegebenen Orte gefundene Wärme weit von der eines andern abweichen könne. Sollte dieses der Fall sein, so wäre eine größere Reihe von Jahren nöthig, um die Wärme des Ortes zu finden, denn ein einziges gegebenes Jahr könnte weit zu warm oder zu kalt sein. In unsern Breiten beträgt der allenfallsige Fehler  $\frac{1}{6}$  des Ganzen, unter den Wendekreisen  $\frac{1}{25}$ . Eine Zusammenstellung des Temperaturganges zu Paris für die Jahre 1803—1813, die sich über Jahreswärme, Winter, Sommer, Januar, August und October erstreckt, führte zu nachstehendem Resultate:

	Maximum	Minimum	Mittel
Jahr	11°,9 (1806)	9°,7 (1805)	10°,6
Winter	5°,7 (1807)	2°,2 (1805)	3°,7
Sommer	19°,9 (1807)	17°,3 (1805)	18°,1
Januar	6°,6 (1804)	-0°,8 (1810)	2°,2
August	21°,4 (1807)	17°,0 (1813)	18°,4
October	14°,2 (1811)	9°,0 (1808)	10°,4

Diese Tabelle zeigt, daß der Temperaturgang des einen Jahres von dem des andern nicht sehr verschieden ist, und daß die Mittelwärme des Octobers nur sehr wenig (um 0°,2) von der des Jahres abweicht.

Die vorhergehenden Data beziehen sich auf die Temperatur der Nordhemisphäre, und es bleibt uns nun übrig, auf die der südlichen Halbkugel überzugehen. Die Seefahrten, die man seit dem sechzehnten Jahrhundert dorthin unternahm, und besonders die Entdeckungsreisen, welche Cook im vorigen Jahrhundert in den Südgegenden machte, haben insgesammt das Resultat geliefert, daß die Wärme der jenseitigen Breiten hinter der der entsprechenden unserer Halbkugel weit zurückbleibt. Im südlichen Feuerlande

unter einer Breite, die auf unserer Hemisphäre der des südlichen Schwedens entspricht, ist bereits das ganze Land selbst im Hochsommer mit Schnee bedeckt, und dicke Massen von Eis umgeben den südlichen Pol in viel weiterem Umkreise als den nördlichen. Im vorigen Jahrhundert sollen *McCallan* (1751), *Wilson* (1754) und *Steffens* (1754) bis  $83\frac{1}{2}^{\circ}$  —  $84^{\circ}$  nördl. Breite gekommen sein, während es *Coof* (1774) südwestlich vom Cap Horn nicht gelang, weiter als  $71^{\circ}15'$  vorzubringen.<sup>1</sup> Da die Richtigkeit dieser Thatsache nicht geleugnet werden konnte, suchte sie *Aepinus* dadurch zu erklären, daß die Erde, weil sie nicht in einem Kreise, sondern in einer Ellipse um die Sonne geht, nicht an allen Theilen ihrer Bahn gleich schnell wandert, weßhalb gegenwärtig unser Sommer länger dauert als der Winter, während auf der Südhalbkugel der entgegengesetzte Fall eintritt. Sommer und Frühling sind jetzt zusammen um 7 Tage 18 Stunden länger, jenseits kürzer als Herbst und Winter. Aus dieser verschiedenen Dauer der Jahreszeiten glaubte *Aepinus* auch die verschiedene Wärme der beiden Halbkugeln ableiten zu können; allein *Lambert* hat bewiesen, daß, wenn auch unser Sommer länger ist als der jenseitige, aus dem Grunde, daß in unserem Sommer die Erde weiter von der Sonne entfernt ist als im jenseitigen, die Differenz der Summe von Sonnenstrahlen, welche je eine Halbkugel im Laufe des ganzen Jahres bekommt, sich vollkommen aufhebt, so daß also der Grund der beobachteten Wärmeunterschiede nicht in der Sonne und der Bahn der Erde, sondern in der physischen Beschiedenheit der beiden Hemisphären gesucht werden muß.

*Rirwan* machte darauf aufmerksam, daß fast sämmtliche Reisen in die Gegenden von hoher südlicher Breite in der dortigen warmen Jahreszeit, also unserm Winter, gemacht wurden, daß man aber aus der Temperatur einer extremen Jahreszeit nicht auf die der andern, und ebensowenig auf die des ganzen Jahres schließen könne, und wenn auch die Sommer der Südhalbkugel nur eine sehr geringe Wärme haben, so seien dafür die Winter um so milder. Er vergleicht hierauf die beobachteten Temperaturen für gleiche Breiten beider Hemisphären, und findet, daß zwar die Nordhalbe der des Südens etwas überlegen ist, daß aber diese höhere Wärme nicht so bedeutend ist, als man glauben sollte. Er glaubt, daß bis zum 40. Breite=

---

1) Seitdem ist es *Ros* gelungen, am 12. Febr. 1841 bis  $77^{\circ}31'$  f. B. zu kommen; in diesem Jahrhundert hat kein Nordpolfahrer die hohen Breiten erreicht, die oben angegeben sind. *Scoreeby* kam 1806 bis  $81^{\circ}50'$ , *Parry* auf *Schlitten*, also bereits auf dem Eise, 1827 bis  $82^{\circ}45'$ .

grade die Wärme der südlichen Halbkugel zu der der nördlichen sich verhalte wie 13,5 zu 14, von da bis zum 50. Grade wie 9 zu 11.

Dieser Ansicht ist auch Humboldt. Er sagt: „Die südliche Halbkugel empfängt dieselbe Lichtmenge, aber die Anhäufung der Wärme ist auf ihr geringer, wegen der während eines längeren Winters vor sich gehenden Ausströmung strahlender Wärme. Da diese Hemisphäre überdies größtentheils von Wasser eingenommen ist, so haben die pyramidalen Endspitzen der Continente in ihr das Inselklima. Auf Sommer von sehr niedriger Temperatur folgen bis zum 50. Grade südlicher Breite wenig strenge Winter; auch dringen die Pflanzenformen der heißen Zone, baumartige Farrenkräuter und parasitische Orchideen im Süden bis zu 38° und 42° Breite vor. Die geringe Ausdehnung der Länder auf der südlichen Halbkugel trägt nicht nur dazu bei, die Jahreszeiten gleich zu machen, sondern auch dazu, die Jahrestemperatur dieses Theiles des Erdbörpers absolut zu vermindern. Ich bin der Meinung, daß diese Ursache weit wirksamer ist, als die von der geringen Excentricität der planetarischen Bahn hergenommene. Die Continente strahlen während des Sommers mehr Wärme aus als die Meere, und die aufsteigende Strömung, welche die Luft der äquatorialen und gemäßigten Zonen nach den Gegenden um den Pol (Circumpolargegenden) führt, wirkt in der südlichen Hemisphäre weniger ein als in der nördlichen. Auch sehen wir jenes Eislager, das den Pol bis gegen den 71. und 68. Grad südlicher Breite umgibt, überall da mehr gegen den Aequator vorrücken, wo es eine offene See findet, d. h., wo die pyramidalen Enden der großen Continente ihm nicht entgegen liegen. Man hat Grund zu glauben, daß dieser Mangel von Festland eine noch viel bedeutendere Wirkung hervorbringen würde, wenn die Vertheilung der Continente eben so ungleich in den Aequatorialgegenden als in den gemäßigten Zonen wäre.“

In niedrigen Breiten ist die Wärmedifferenz zwischen Süd und Nord sehr unbedeutend, sie macht sich erst bemerkbar, wenn man den Wendekreis überschreitet. Die Isothermen des Südens sind zum Unterschiede von denen der Nordhalbkugel wenig oder gar nicht gekrümmt, und daher haben auch alle Orte von derselben Breite fast die nämliche Temperatur, ihre Länge mag sein, welche immer sie wolle. Die Schneegränze ist allerdings in der Südhalbkugel im Allgemeinen tiefer als im Norden und kommt schon in einer Breite zur Meeresfläche herab, in der nördlich vom Aequator noch ganz blühende Länder sind; allein dieses hängt weniger von der mittleren Jahres-

1) Kleinere Schriften S. 289.

wärme ab, als von der Temperatur des Sommers. Je kälter der Winter ist, um so weniger kann in demselben Schnee fallen, da die Menge der in der Luft befindlichen Feuchtigkeit von deren Temperatur abhängig ist. Ist in einem Lande der Winter kalt, der Sommer heiß, so wird in letzterem der geringe Schnee bald weggeschmolzen sein, während die entgegengesetzte Ursache die entgegengesetzte Folge hat.

Die Passatwinde sind ein Phänomen, das von der Verschiedenheit der Luftwärme verschiedener Breiten abhängt, sie bilden einen Theil der über die ganze Erde verbreiteten Strömung, welche in der Luft wahrgenommen wird, und es muß dieses Zusammenhanges wegen die Wärme der beiden Halbkugeln sich in der Lage der Zone abspiegeln, in der wir die Passate beobachten. Die Luft strömt von beiden Polen aus gegen diejenige Stelle der Erde hin, an der es am wärmsten ist, also in die Gegend des Aequators, und steigt dort angelangt in die Höhe. Ist diese Stelle z. B. nördlich vom Aequator, so wird ein Ort unter beliebiger Breite sich in einer bestimmten Entfernung davon befinden, die kleiner ist als die von dem Aequator, während ein südlich unter der entsprechenden Breite gelegener Ort weiter von der warmen Zone entfernt und daher im Allgemeinen kälter sein wird. Der Ort, wo die Luft in die Höhe steigt, ist diejenige Stelle, an welcher Südost- und Nordostpassat sich begränzen, diese Gränze ist nördlich vom Aequator und also auch die Südhalbkugel kälter als die nördliche. Aus dem Umstande, daß die Gränze der Passate im atlantischen Ocean weit mehr nördlich ist, als in der Südsee, schließt Humboldt, daß in einem zwischen dem 130° und 150° westl. L. v. Paris eingeschlossenen Raume, also in der Südsee, der Temperaturunterschied zwischen beiden Hemisphären weniger groß sei als zwischen 20° und 50° Länge. Es stimmt dieses auch wieder mit dem oben angegebenen Sage Humboldt's überein, nach dem der Mangel von Land auf der Südhalbkugel die Ursache von deren geringerer Wärme ist, denn an jener Stelle, wo die Differenz in der Wärme der beiden Halbkugeln geringer ist, findet man (im großen Ocean) sowohl südlich als nördlich vom Aequator fast gleichmäßig Wasser.

Auch die über dem Meere befindliche Luft hat Humboldt bei seiner Untersuchung nicht vergessen.

„Die niederen Schichten der Atmosphäre,“ sagt er, „welche auf der oceanischen Oberfläche der Erde ruhen, empfangen den Einfluß der Temperatur der Wasser. Das Meer strahlt weniger eingefogene Wärme aus als die Continente; es kühlt die auf der Meeresfläche ruhende Luft durch die Wirkung der Verdampfung ab, es entsendet die erkalteten und schwerer gewordenen

Wassertheilchen gegen den Boden; es wird erwärmt oder es erkaltet durch die vom Aequator gegen die Pole gerichteten Strömungen, oder durch die Vermischung der obern und untern Schichten an den Abhängen der Sandbänke. In Folge der Vereinigung dieser verschiedenartigen Ursachen sind zwischen den Wendekreisen und vielleicht bis zum  $30^\circ$ . der Breite die Mitteltemperaturen der überseeischen (supermarinen) Luft 2—3 Grade niedriger als die der Continentalluft. Unter hohen Breiten dagegen, in Himmelsstrichen, wo die Atmosphäre im Winter tief unter den Gefrierpunkt erkaltet, erheben sich die isothermen Linien gegen die Pole und werden convex, wenn sie von den Continenten über die Meere hingehen.“

Hiernach ist also die supermarine Luft bald kälter, bald wärmer als die über den Continenten; das Wasser des Oceans selbst fand Humboldt bei den Galapagosinseln zu  $29^\circ,3$ , im Parallel der canarischen Inseln schwankt nach L. v. Buch die Wärme des Wassers zwischen  $20^\circ$  und  $23^\circ,8$ ; in  $46^\circ$  und  $50^\circ$  Breite hat der atlantische Ocean in der Nähe von Europa nach Humboldt  $20^\circ$  und  $5^\circ,5$  und in  $63^\circ$ — $70^\circ$  Breite  $0^\circ$  bis  $-1^\circ,0$ . Allenthalben sind die Schwankungen der Wasserwärme kleiner als die Wechsel in der Temperatur der darüber stehenden Luft.

Die Wärme der Luft ändert sich nicht allein, wenn man einen gegebenen Beobachtungsort in horizontaler Richtung verläßt, ihn also mit einem neben ihm liegenden vertauscht, man findet die Aenderung auch, wenn man seinen Standpunkt in verticaler Richtung verändert, d. i. die Temperaturverhältnisse über einander liegender Stationen vergleicht. Steigt man in die Höhe, so findet man, daß die Temperatur abnimmt.

Die mit diesem Wärmewechsel verbundenen Erscheinungen hat Humboldt zu wiederholten Malen untersucht, so in der oben erwähnten Abhandlung in den *Mém. de la soc. d'Arcueil*, in der Abhandlung *sur la limite inférieure des neiges perpétuelles dans les montagnes de l'Himalaya et les régions équatoriales*, im Naturgemälde der Tropen und in einer Arbeit über die Strahlenbrechung, in den *Observations astronomiques* I.

Zur Erklärung der Temperaturverhältnisse eines in der Höhe gelegenen Beobachtungsortes nimmt Humboldt seine Zuflucht zu 3 Ursachen, der Extinction des Lichtes, der strahlenden Wärme und der aufsteigenden Strömung der Luft.

Verfolgt man mit Aufmerksamkeit die Reihenfolge von Erscheinungen, so ergibt sich, daß, wenn die Sonnenstrahlen, die die Erhöhung der Wärme verursachen, durch die Atmosphäre hindurchgehen, sie zur Erwärmung der Luft beitragen müssen. Je mehr Lufttheilchen von den Strahlen getroffen werden,

um so mehr davon werden erwärmt werden müssen, und weil die Luft in der Tiefe dichter ist als in der Höhe, so muß die Wirkung auch unten größer sein, denn unten werden mehr Lufttheilchen erwärmt, weil mehr da sind. Wenn die Sonnenstrahlen die Luft erwärmen, so müssen sie in demselben Maaße als sie Wärme abgeben schwächer werden, wenn aber darum auch die untern Schichten weniger starke Wärme erhalten, — denn sie bekommen die Strahlen nicht mehr aus der ersten Hand, da diese schon in den oberen Schichten verloren haben, — so wird der Nachtheil durch die größere Menge derselben, die in der dichten Luft aufgefangen werden, mehr als ersetzt, und die Extinction der Wärme in den Luftschichten bedingt daher einen Temperaturunterschied der letzteren zu Gunsten der untern Parthien. Trotzdem daß ein Theil der Sonnenwärme durch Extinction in der Luft verloren geht, kommt noch die größere Menge derselben auf den Grund des atmosphärischen Oceans und erwärmt die theils feste, theils tropfbarflüssige Oberfläche der Erde. Jeder warme Körper strahlt nach allen Richtungen Wärme aus, und darum auch die Erde. Die von der Erdoberfläche ausgehenden Strahlen haben wieder die Luft zu passiren, sie durchwandern zuerst die dichteren, dann die dünneren Schichten derselben und erwärmen erstere aus dem doppelten Grunde mehr, weil diese dichter sind und dem wärmestrahrenden Körper näher liegen. Eine Luftschicht muß über einer Hochebene wärmer sein, als ihre Fortsetzung jenseits der Gränze des Plateaus, weil die erstere dem Boden (einer Wärmequelle) näher liegt. Es bewirkt die Strahlung der Erde eine höhere Wärme der unteren Luftschichten als der oberen. Wenn die unteren Luftschichten wärmer werden als die oberen, so werden sie sich auszudehnen suchen und in die Höhe steigen, ein Bestreben, das, weil es mit der größeren Erwärmung wächst, in der Weise von dem Boden abhängig ist, als die Temperatur, die dieser unter sonst gleichen Umständen erlangt, je nach dessen Farbe, chemischer Zusammensetzung u. s. w. verschieden ist. Die aufwärts gerichteten Strömungen der Luft suchen die Temperaturunterschiede auszugleichen, sie werden aber von ihnen hervorgerufen und müssen mit ihnen wachsen, weshalb aus ihrer Zunahme darauf geschlossen werden kann, daß zwischen unten und oben große Wärmeunterschiede seien.

Als Mittel die Abnahme der Wärme nach oben auszumitteln, gibt Humboldt<sup>1)</sup> fünfserlei an; Luftfahrten, Besteigung von steilen isolirten Bergen, Temperaturvergleichung einander nahe gelegener, aber der Höhe nach verschiedener Punkte, Quellen- und Höhlentemperaturen, Horizontalrefractionen

1) Observations astron. I.

und die Schneegränze, welche letztere jedoch keinen sichern Anhaltspunkt liefert, da sie, wie bereits erwähnt, nicht in allen Breiten derselben Jahreswärme entspricht. Als Resultat gibt er den Satz an, daß die Wärme unter den Tropen, sowie auch in der gemäßigten Zone während der heißen Jahreszeit um  $1^{\circ}$  abnimmt, wenn man um 180—200 Meter in die Höhe steigt. Im Winter der gemäßigten Zone geht die Abnahme der Wärme langsamer vor sich, so daß man bis zu 240 Meter Höhendifferenz auf  $1^{\circ}$  Wärmeunterschied rechnen kann.<sup>1</sup>

Als Mittelwerthe der Wärme in verschiedenen Höhen der Aequatorial- und der gemäßigten Zone stellt Humboldt folgende Tabelle auf.

Höhe		Aequatorialzone von $6^{\circ}$ — $16^{\circ}$		Gemäßigte Zone von $45^{\circ}$ — $47^{\circ}$	
in Toisen	in Metern	Mittel- temperatur	Unter- schiede	Mittel- temperatur	Unter- schiede
0	0	27 <sup>0</sup> ,5		12 <sup>0</sup>	
500	974	21,8	5 <sup>0</sup> ,7	5	7 <sup>0</sup>
1000	1949	18,4	3,4	— 0,2	5,2
1500	2923	14,3	4,1	— 4,8	4,6
2000	3900	7,0	7,3		
2500	4872	1,5	5,5		

1) Die  $1^{\circ}$  Wärmeverschiedenheit entsprechenden Höhenunterschiede sind in den einzelnen Stunden des Tages wie in den einzelnen Monaten des Jahres verschieden. Saussure fand aus vergleichenden Beobachtungen zu Genf und auf dem Col du Géant für den Juli nachstehende Zahlen.

Mittag	2 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	10
Meter	149	141	143	142	144
Mitternacht	2 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>	8	10 <sup>h</sup>
Meter	172	190	211	196	180
					Mittel 165,5 Meter.

Ramß berechnete für die Alpen und die einzelnen Monate:

Januar	257 <sup>m</sup> ,3	Juli	148 <sup>m</sup> ,7
Februar	193,5	August	146,0
März	159,6	September	162,0
April	160,6	October	177,8
Mai	157,9	November	195,5
Juni	148,3	December	233,5
		Mittel	172 <sup>m</sup> ,7

Wäre die Wärmeabnahme in der kalten Jahres- und Tageszeit ebenso rasch als in der warmen, so müßten im Laufe dieser Perioden oben dieselben Temperaturdifferenzen zum Vorschein kommen als unten; weil dieses aber nicht der Fall ist, so folgt, daß in der Höhe die Wärme im Laufe des Tages und Jahres weniger wechselt als in der Ebene.



Als Werthe der Höhe der Schneegränze finden wir in der Abhandlung sur la limite inférieure des neiges etc. folgende:

Andes von Quito ( $1^{\circ}$ — $1^{\circ} 30'$ n.)	2460'
Vulcan von Puracé bei Popayan ( $2^{\circ} 18'$ n.)	2420'
Tolima ( $4^{\circ} 46'$ n.)	2380' (?)
Neuados de Mexico ( $18^{\circ} 59'$ — $19^{\circ} 12'$ )	2350'
Pic von Teneriffa ( $28^{\circ} 17'$ )	1908'
Himalaya südlicher Abhang	1950'
nördlicher Abhang	2605' <sup>1</sup>
Kaufasus ( $42^{\circ}$ — $43^{\circ}$ )	1650'
Pyrenäen ( $42\frac{1}{2}^{\circ}$ — $43^{\circ}$ )	1400'
Alpen ( $45\frac{3}{4}^{\circ}$ — $46\frac{1}{2}^{\circ}$ )	1370'
Karpathen ( $49^{\circ} 10'$ )	1330'
Norwegen ( $61^{\circ}$ — $62^{\circ}$ )	850'
67°	600'
70°	550'
71 $\frac{1}{2}$ °	366'

Der Umstand, daß die Wärme bei zunehmender Höhe geringer wird, ist die Ursache, daß man in einem und demselben Lande über einander die Klimate verschiedener Breiten beobachten kann. Man bekommt (in der gemäßigten Zone bis zu 1000 Metern Höhe) im Durchschnitte dieselbe Wärmeabnahme, sei es, daß man sich um 100 Meter erhebt oder um einen Breitengrad gegen den Pol hin geht, doch muß man hierbei davon absehen, daß in den niedern Breiten die Temperaturschwankungen kleiner sind als in den höhern, und man bekommt nicht dasselbe Klima, wenn man in die Höhe steigt oder gegen den Pol zu geht, sondern nur dieselbe mittlere Jahreswärme. In Südamerika findet man in den Ebenen des Orinoco den August von Rom, in Popayan (911 Toisen) den August von Paris, in Quito (1492 Toisen) den Mai, in den Paramos (1600 Toisen) den März von Paris. Unter dem 46. Breitengrade, also in den Alpen, herrscht in 2000 Meter Höhe die Mittelwärme von Lappland.

Nach Untersuchung der Wärmeverhältnisse der Luft nach Verschiedenheit der Breite und der Höhe über dem Meere, wendet sich Humboldt an die Temperatur des Bodens. Als Hauptbestimmungsmittel dieses Punktes

1) Die große Differenz zu Gunsten des Nordabhanges schreibt Humboldt der Wirkung der wärmestrahrenden Hochebene von Tibet zu.

benutzt er die Beobachtungen der Quellentemperaturen, welche er selbst, Leopold von Buch und Wahlenberg gemacht haben, und findet als Resultat, daß in der heißen Zone sowie in dem wärmeren Theile der gemäßigten die Wärme des Bodens der Mitteltemperatur der Luft nahezu gleich, in den höheren Breiten dagegen etwas höher als letztere ist. Der Umstand, daß in den erstgenannten Gegenden fast vollständige Gleichheit der beiden Wärmen stattfindet, hat auch Humboldt veranlaßt, die Temperaturen von Quellen und Höhlen unter den Mitteln aufzuzählen, welche zur Bestimmung der Luftwärme benutzt werden können. Höhere Gebirge verhalten sich rückfichtlich ihrer Wärme wie höhere Breiten, und die Ursache ihrer im Vergleiche mit der umgebenden Luft größeren Wärme ist darin zu suchen, daß während der kalten Jahreszeit die dicke Schneedecke den Boden vor zu großer Abkühlung schützt, während im Sommer, wo der Schnee entfernt ist, die Sonnenstrahlen frei auf den Boden wirken können.

Während Humboldt sich, wie die vorstehenden Notizen zeigen, in der Arbeit über die Isothermen zunächst damit beschäftigt, die Vertheilung der Wärme über die Erdoberfläche darzustellen und einen Ueberblick dieses Verhältnisses zu ermöglichen, ist er 10 Jahre später weiter gegangen, und hat seine Aufmerksamkeit auf die Ursachen gerichtet, die der nach und nach in ihren Umrissen bekannt gewordenen verschiedenartigen Temperaturvertheilung zu Grunde liegen. Seine betreffenden Untersuchungen sind in der Abhandlung: „Ueber die Hauptursachen der Temperaturverschiedenheit auf dem Erdkörper“ niedergelegt.

In dieser Abhandlung weist er darauf hin, daß bei dem weit vorgeschrittenen Zustande von Abkühlung, in dem sich unsere Erde bereits befindet die Verschiedenheit der Klimate nicht von unausgefüllten Klüften der Erdrinde u. dergl. sondern von der jeweiligen Stellung eines gegebenen Ortes gegen die Wärme spendende Sonne herrühren könne. Höhe der Sonne und Dauer des Tages bedingen die Höhe der Wärme.

Die Stellung eines Punktes der Erdoberfläche zur Sonne ist allerdings von hoher Bedeutung für seine Wärme; wenn man aber diese Stellung allein berücksichtigt, so kann man nie darauf kommen die Ursache der in den verschiedenen Längengraden abwechselnden Temperaturen zu finden, und man käme zu einem Resultate, wie sie etwa oben als von Halleys und Maيران erhalten angegeben wurden. Humboldt sucht daher die Ursache auf, warum die westlichen Theile der Continente wärmer sind, als ihre

östlichen. Diese Ursache findet er in dem Vorherrschenden der Westwinde in den gemäßigten und kalten Himmelsstrichen. Die Westwinde führen nämlich dieselbe Luft mit sich, die von den Passaten gegen den Aequator geführt wurde, und die Rotation der Erde bringt ebenso der vom Aequator zurückkehrenden Luft eine Richtung von West nach Ost bei, als sie die hingehende auf entgegengesetzte Weise umbog. Die vom Aequator kommende Luft ist aber warm und das Land, das von ihr zuerst getroffen wird, muß daher mehr erwärmt werden, als ein zweites, zu dem sie erst kommt, wenn sie ersteres verlassen, denn sie hat ja einen Theil ihrer Wärme bereits in diesem abgesetzt. Von der im Verhältniß zur geographischen Breite so sehr erhöhten Wärme Europa's sagt er S. 311: „Unser Europa verdankt ein milderes Klima seiner Erdstellung (seinem Positions-Verhältnisse gegen das nahe Meer) und seiner gegliederten Gestalt. Europa ist der westliche Theil des alten Continents und hat also den großen, schon an sich kältemildernden und dazu noch vom Golfstrom theilweise erwärmten atlantischen Ocean im Westen. Zwischen den Meridianen, in denen Europa sich hinreckt, fällt die Aequatorialzone nicht in das Becken des Oceans, wie südlich von dem eben deshalb kältern Asien. Der Welttheil der unter allen den größten Theil des tropischen Klima's genießt, das sandbedeckte Asien ist so gelegen, daß Europa von den Luftsichten erwärmt wird, welche über Afrika aufsteigend sich von dem Aequator gegen den Nordpol ergießen. Ohne die Existenz des mittelländischen Meeres würde der Einfluß des nahen Afrika auf Temperatur und geographische Verbreitung von Pflanzen und Thieren noch wirksamer sein. Der dritte Hauptgrund des mildern Klima's von Europa liegt darin, daß dieser Welttheil sich weniger weit gegen den Nordpol erstreckt als Amerika und Asien, ja daß er dem größten Busen eisfreien Meerwassers gegenüber liegt, den man in der ganzen Polarzone kennt. Das Minimum der mittleren jährlichen Temperatur der Erdoberfläche liegt nach Capitain Sabine's Untersuchungen im Nordosten von Melville's Inseln im Meridian der Behringsstraße, wahrscheinlich in 82°—83° Breite. Die Sommergränze des Eises, welche zwischen Spitzbergen und Ostgrönland sich bis zum 80. und 81. Grade zurückzieht, findet sich überall zwischen Nova-Zembla, den Knocheninseln von Neusibirien und dem westlichsten amerikanischen Eiscap schon im 75. Grade der Breite. Selbst die Wintergränze des Eises, die Linie, auf welcher die Eisdecke sich unserm Welttheil am meisten nähert, umgibt kaum die Väreninsel. Vom scandinavischen Nordcap, welches ein südwestlicher Meeresstrom erwärmt, ist die Fahrt zum südlichsten Vorgebirge von Spitzbergen selbst im strengsten Winter nicht unterbrochen.

Das Polareis vermindert sich überall, wo es frei abfließen kann, wie in der Baffinsbai und zwischen Island und Spitzbergen. Die Lage des atlantischen Ozeans hat den wohlthätigsten Einfluß auf die Existenz jenes für das Klima von Nordeuropa so wichtigen, eisfreien Meerwassers im Meridian von Ostgrönland und Spitzbergen.“

### 3. Druck der Luft.

Man bezeichnet mit dem Worte *Druck* die Wirkung, welche ein Körper auf seine Unterlage ausübt, die ihn hindert, der Anziehung der Erde Folge zu leisten und sich dem Mittelpunkte derselben zu nähern. Soll ein Körper drücken, so muß er daher der Wirkung der Erdbanziehung unterliegen, d. h. er muß schwer sein.

Bei den unklaren Begriffen, die man im Alterthum von der Schwere hatte, war es damals nicht leicht, die Frage zu entscheiden, ob die Luft drücke oder nicht. Aristoteles antwortete bejahend, denn er gab an, daß ein mit Luft gefüllter Schlauch mehr wiege als ein leerer<sup>1</sup>; doch blieb seinem Aussprüche die Opposition nicht aus, da Andere, wie Ptolemäus, behaupteten, daß die Luft innerhalb ihres eigenen Raumes d. h. Luft in einem luftgefüllten Raume nicht drücke. Es spielt dabei ein Experiment mit einem luftgefüllten Schlauche, eines der wenigen, die uns von dem Alterthum überliefert wurden, eine große Rolle, weshalb es gestattet sein möge, die Worte des gelehrtesten Commentators des Aristoteles, des Simplicius<sup>2</sup>, im 6. Jahrhundert lebend, anzuführen.

„Ptolemäus aber der Mathematiker, welcher in seiner Schrift „über die Schwere“ die dem Aristoteles entgegengesetzte Ansicht hegt, sucht zu beweisen, daß innerhalb ihres eigenen Raumes weder Wasser noch Luft eine Schwere haben. Und zwar, daß das Wasser eine solche nicht hat, zeigt er daraus, daß man beim Untertauchen eine Schwere des oberhalb befindlichen Wassers nicht empfindet, während doch Manche schon sehr tief untermachten . . . daß aber die Luft innerhalb ihrer Gesamtheit keine Schwere habe, zeigt Ptolemäus aus dem nämlichen Beweismittel betreffs des Schlauches, indem er nicht bloß gegen die Meinung, daß der aufgeblasene Schlauch schwerer als der leere sei, wie Aristoteles glaubte, Widerspruch erhebt, sondern auch meint, der aufgeblasene sei sogar leichter. Ich

1) De coelo IV. 4. edit. Prantl 261.

2) Comment. de coelo (Venet. 1526 fol.) p. 173a.

selbst aber (d. h. Simplicius) machte mit der möglichsten Genauigkeit den Versuch und fand, daß das Gewicht des aufgeblasenen und des leeren Schlauches das nämliche sei. Einer meiner Vorgänger, welcher gleichfalls das Experiment machte, gab an, er habe das nämliche Gewicht gefunden, ja eher noch sei der Schlauch vor dem Aufblasen um ein klein Bißchen schwerer gewesen, was mit Ptolemäus übereinstimmen würde.“

Es ist jetzt sehr leicht, nachzuweisen, daß der Schlauch, wenn er aufgeblasen ist, weder schwerer sein kann, als vorher, wie Aristoteles annahm, noch leichter, wie Ptolemäus, glaubte, sondern daß die Beobachtung des Simplicius richtig sei; man kann den Beweis sogar auf einen ebenfalls sehr alten Satz stützen, auf das Princip des Archimedes, nach welchem jeder Körper in einer Flüssigkeit gewogen soviel an seinem Gewichte verliert, als das ihm gleiche Volumen dieser Flüssigkeit wiegt, und daß ein gegebenes Quantum Luft in Luft gewogen soviel verlieren müsse, als sie selbst wiegt, also alles. Steckt man eine Röhre in Wasser und saugt an dem obern Ende die Luft heraus, so steigt die Flüssigkeit in der Röhre aufwärts. Man weiß jetzt, daß die atmosphärische Luft außen auf das Wasser drückt, und letzteres in die Röhre hineinpreßt, in der die durch Saugen entfernte Luft nicht mehr drücken kann; früher glaubte man, die Natur habe von Haus aus einen Abscheu vor einem leeren Raume (Horror vacui) und wenn die Luft aus der Röhre entfernt werde, gehe das Wasser nur darum in die Höhe, um keinen leeren Raum entstehen zu lassen. Als vor 200 Jahren Gärtner in Pisa einen Pumpbrunnen bauen wollten, und das Wasser sich darin nicht höher auffangen ließ als 32 Fuß, kam Torricelli, Schüler des großen Galilei, der die Gesetze des Drucks der Flüssigkeiten untersucht hatte, auf den Gedanken, daß die Erscheinung des Aufsteigens des Wassers sich auch dadurch erklären lasse, daß die Luft einen Druck ausübe, und daß darum das Steigen dann aufhören müsse, wenn der Druck des Wassers in der Röhre auf seine Basis, eine Wirkung, vermöge deren das Wasser in der Röhre zu sinken strebt, gleich sei dem Drucke der äußern Luft, vermöge dessen das Wasser in der Röhre steigt. Die Gesetze des Druckes von Flüssigkeiten lehren, daß der Druck derselben wachse, wenn die Höhe der Flüssigkeitssäule und die Dichtigkeit der Flüssigkeit selbst zunimmt, und als er daher das Wasser durch Quecksilber, das  $13\frac{1}{2}$  mal so dicht ist als ersteres, ersetzte, fand er in der That, daß das Quecksilber nur 28 Zoll stieg. Von nun an läugnete Torricelli den Horror vacui und stellte den Satz auf, der Luftdruck bewirke die jenem zugeschriebenen Phänomene; er lehrte, daß man mit einer Röhre, in der Quecksilber enthalten und die oben geschlossen sei,

damit die Luft nicht auch von dieser Seite drücken kann, mit dem Barometer, den Druck der Luft messen könne. Seine Säge fanden Opposition; doch kam endlich Pascal auf den Gedanken, daß, wenn der Torricellische Satz richtig sei, der Stand des Quecksilbers im Barometer in größeren Höhen geringer sein müsse als in der Tiefe, weil dort die zwischen beiden Standpunkten befindlichen Luftschichten nicht mehr drücken können, und als durch ihn veranlaßt sein Schwager Perrier im Jahre 1648 den 500 Toisen hohen Puy de Dome bei Clermont bestieg, fand er in der That, daß dort oben das Barometer um etwa 3 Zolle niedriger stand, als in der Ebene. Seit diesem Versuche ist die Richtigkeit des Satzes Torricelli's anerkannt, und seitdem Mariotte das Gesetz aufgefunden hat, nach welchem die Dichtigkeit der Luft nach der Höhe zu abnimmt, weiß man wie viel eine Luftschicht von so und so vielen Fußes auf den Barometerstand einwirkt, und man benützt daher das Barometer allgemein zu Höhenmessungen.

Wäre die Erde eine allenthalben mit demselben Stoffe bedeckte, nicht rotirende Kugel und würde keiner ihrer Oberflächentheile eine andere Temperatur haben als die übrigen, so würde der sie umgebende Luftcoean ebenfalls vollkommen regelmäßig gestaltet sein. In diesem idealen Falle würde man in der Luft bei gleicher Entfernung vom Erdmittelpunkte in jeder Zeit denselben Luftdruck beobachten. In der Wirklichkeit sind wir weit davon entfernt, alle diese Bedingungen erfüllt zu sehen, denn die Erde ist keine ruhende Kugel, sondern ein rotirendes unregelmäßiges Ellipsoid, dessen Oberflächentheile die verschiedensten Temperaturen besitzen, und die Strömungen der Luft, die sich uns als Winde zu erkennen geben, zeigen ganz unwiderlegbar an, daß die Luft in gleicher Meereshöhe an verschiedenen Orten verschiedenem Drucke ausgesetzt sei. Die sämtlichen Theile des Luftcoeans sind nicht nur beweglich, sondern auch wirklich in Bewegung.

Soll das Barometer zu Höhenmessungen benützt werden, so ist jedesmal die Vergleichung der Barometerstände zweier in verschiedener Höhe befindlichen Orte nothwendig. Die Höhe des einen Ortes muß bekannt sein, die des andern soll gefunden werden. Befindet man sich im Innern eines Landes und kennt man nicht die Höhe eines Punktes desselben durch directe Messung, so ist es nothwendig, daß man den Barometerstand des nächstgelegenen Meeres wisse, denn da die Höhe von dem Meeresniveau an gezählt wird, hat man, wenn der dortige Barometerstand bekannt ist, zugleich auch die Höhe des Vergleichungspunktes, hier der Meeresfläche. Der Barometerstand am Strande des Meeres ist nicht in allen Breiten derselben, wie dieses bei vollkommen gleichartiger Beschaffenheit der Luft und einem Paral-

Ielismus der obern Atmosphärengränze mit der Meeresfläche der Fall wäre, und mußte daher erst durch Beobachtung gefunden werden. Es ist jedoch der Barometerstand ein und desselben Ortes niemals constant, denn die fortwährenden Bewegungen, die in dem Luftkreise vor sich gehen, spiegeln sich gewissermaßen ab in dem Stande der Quecksilbersäule. Die Schwankungen des Barometers können regelmäßig sein, d. h. sich in bestimmten Perioden nach einem gewissen Gesetze wiederholen; sie können auch der Regelmäßigkeit entbehren. Bleiben wir bei der Anwendung des Barometers zu Höhenmessungen stehen, so ist es wohl sehr leicht einzusehen, daß die Kenntniß der Bewegungen des Quecksilbers in der Glasröhre unbedingt nothwendig ist, um eine genaue Höhenbestimmung zu erhalten, denn wenn es sich darum handelt, die Differenz des Barometerstandes an dem zu messenden Punkte und des gleichzeitig am Meere stattfindenden zu erhalten, so muß man, nachdem der erstere an Ort und Stelle abgelesen wurde, auch den zweiten kennen und zwar für den Augenblick kennen, in welchem in der Höhe beobachtet wurde. Dieser letztere Stand muß aus der mittlern Barometerhöhe der entsprechenden Breite unter Berücksichtigung des Einflusses der regelmäßigen Schwankungen ermittelt werden. Die unregelmäßigen Bewegungen des Quecksilbers können der Rechnung nicht unterworfen werden, man muß sie daher vernachlässigen und die ganze Messung ist demnach um so unsicherer, je größeren Spielraum diese unberechenbaren Schwankungen haben. Die Höhenmessungen sind übrigens nicht die einzige Anwendung, die man von dem Barometer macht, denn weil dieses Instrument von den Bewegungen der Luft über uns abhängig ist, und uns durch seine Schwankungen hievon unterrichtet, sind letztere ein Mittel geworden, auf erstere zurückzuschließen, aus der Wirkung die Ursache abzuleiten, und darum ist das Barometer, das uns Kunde von Vorgängen gibt, die hoch über uns in Höhen, zu denen wir das Instrument nicht tragen können, stattfinden, für die Meteorologie von außerordentlichem Werthe.

Die Probleme, die bei der Untersuchung der Schwankungen des Barometers ihre Lösung erwarten, sind wie aus dem Vorfichenden hervorgeht von dreierlei Art: es ist der mittlere Barometerstand am Niveau des Meeres für die verschiedenen Breiten zu bestimmen, es müssen die Gesetzmäßigkeiten aufgesucht werden, die in der Bewegung des Quecksilbers vorkommen und endlich ist die Größe der unregelmäßigen Oscillationen sowie die dabei stattfindenden Nebenumstände festzustellen, um wenigstens die Auffindung der ihnen zu Grunde liegenden Ursachen vorzubereiten und die so unregelmäßigen Bewegungen in die Reihe der gesetzmäßigen zurückzuführen.

Sehen wir von den Beobachtungen ab, die Humboldt zum Zwecke von Höhenbestimmungen machte, und die in den Observations astronomiques niedergelegt sind, und wenden wir uns zunächst an die Untersuchungen die er zum Zwecke der Ausbildung der Theorie des Barometers angestellt hat, so finden wir die Berichte zuerst in einem Auszuge, der einen Theil des Naturgemäldes der Tropenwelt ausmacht, dann in einem größern Artikel mit sämmtlichem Detail beigegeben der Esquisse d'un tableau géognostique de l'Amérique méridionale, welche zugleich einen der Zusätze zum 9. Buche der Relation historique bildet.

Die Beobachtungen am Barometer sind von Anfang an nicht so genau gewesen als jetzt, denn man ist im Laufe der Zeit auf manche Umstände gekommen, welche eine kleine Differenz im Stande zweier neben einander befindlicher Barometer zum Vorschein bringen können. So scheinen die französischen Akademiker, welche in der Mitte des vorigen Jahrhunderts die Gradmessung in Peru ausführten, keine ganz luftfreien (mit ausgekochtem Quecksilber gefüllten) Barometer gehabt zu haben, wenigstens schließt Humboldt dieses daraus, daß sie einen zu niedrigen Barometerstand angeben. Während in der langen Röhre des Barometers befindliche Luft einen zu niedrigen Stand des Quecksilberniveaus bewirkt, verursacht eine früher ebenfalls unberücksichtigte Einwirkung, die Wärme des Quecksilbers (über  $0^{\circ}\text{C}$ ) einen zu hohen Stand, weshalb letzterer auf  $0^{\circ}$  reducirt werden muß. Auf diesen Umstand hat zwar bereits Amontons in der Mitte des vorigen Jahrhunderts (1740) aufmerksam gemacht, doch ging längere Zeit hin, bis er allgemeine Berücksichtigung fand. Auch Humboldt hat die Correction der Barometerstände in Beziehung auf die Temperatur bei Berechnung seiner Beobachtungen angewendet, und die Höhe der Quecksilbersäule unter dem Aequator zu  $758^{\text{mm}},59$  angegeben, während Schuckburg in Europa  $761^{\text{mm}},18$  gefunden hatte, so daß also die Quecksilbersäule dort weniger hoch steht als in höheren Breiten. Bei dieser Bestimmung ist jedoch eine weitere Correction, die der Capillarwirkung, nicht gehörig berücksichtigt, die besonders in denjenigen Barometern eintritt, bei denen die lange (oben geschlossene) Röhre enge, die untere weit ist, und die eine mit der abnehmenden Weite der langen Röhre zunehmende Depression der Quecksilbersäule bewirkt. Unter Umgehung dieses Fehlers haben daher später Boussingault und Rivery die Barometerhöhe an der Meeresfläche in den Tropen zu  $760^{\text{mm}},17$  bestimmt, während dieselbe Höhe in Paris nach Arago unter Berücksichtigung des Umstandes, daß Paris etwas höher liegt als das Meer,  $760^{\text{mm}},85$  beträgt.

Beobachtet man in der Nähe des Aequators das Barometer einige



Tage hindurch regelmäßig von Stunde zu Stunde, so zeigt sich unausbleiblich ein eigenthümliches ganz gesetzmäßiges Steigen und Fallen der Quecksilberssäule, welche während 24 Stunden zweimal einen höchsten, zweimal einen niedrigsten Stand erreicht. Wegen der großen Aehnlichkeit, welche diese Erscheinung mit dem täglich zweimaligen Steigen und Fallen des Meeres hat, wird sie auch sehr häufig mit dem Namen der atmosphärischen Ebbe und Fluth bezeichnet. Die erste Nachricht von diesem Phänomen stammt, wie Humboldt in seiner Esquisse berichtet, schon vom Jahre 1682, in welchem Jahre Varin des Hayes und de Glos im Auftrage des Königs (von Frankreich) eine Reise nach den capverdischen und amerikanischen Inseln machten, doch scheinen diese das Steigen des Barometers mit der Bewegung des Thermometers in Zusammenhang gebracht zu haben denn sie sagen, das Barometer stehe im Allgemeinen am niedrigsten, wenn das Thermometer am höchsten sei, und bei Nacht habe es einen um 2—4 Linien höheren Stand als bei Tage, auch seien die Aenderungen des Instrumentes vom Morgen bis zum Abend größer als vom Abend bis zum Morgen. Diese Vergleichung der Barometeränderungen mit denen des Thermometers macht jedoch die ganze Angabe ungenau, da das erstere Instrument täglich zweimal steigt, zweimal fällt, das Thermometer nur einmal. Im Jahre 1722 machte ein dem Namen nach nicht bekannter Beobachter aus Surinam im Journal littéraire de la Haye auf die doppelte Bewegung aufmerksam, die auch durch Godin, Condamine u. A. constatirt wurde.

Humboldt hat sich im Verein mit Bonpland während seiner Reise sehr viel mit den Schwankungen des Barometers beschäftigt, und ihnen haben wir denn auch die genauere Bestimmung der Wendestunden sowie der Größe der Bewegung zu verdanken.

Nach Humboldt lassen sich die stündlichen Bewegungen des Barometers innerhalb der Wendekreise in folgender Weise darstellen. Morgens um 9—9 $\frac{1}{4}$  Uhr hat das Barometer seinen höchsten Stand und sinkt zuerst langsam, dann schneller und hierauf wieder langsam bis 4 $\frac{1}{2}$  Uhr, steigt wieder bis 11 Uhr und sinkt abermals bis 4 Uhr des andern Morgens. Die Bewegung umfaßt nur  $\frac{1}{2}$ —1 Linie und ist während des Tages größer als bei Nacht. Wind, Regen, Erdbeben u. s. w. sind, wenn man einige Gegenden des äquatorialen Afrens ausnimmt, ohne Einfluß auf die Oscillationen des Barometers, die in der Höhe von Quito nur wenig kleiner sind als an der Küste des Meeres. Die ganze Erscheinung findet übrigens nicht blos im tropischen Amerika statt, man nimmt sie allenthalben zwischen den Wendekreisen wahr.

Wie bereits erwähnt, ist der Gedanke sehr nahe, es liege den Vorgängen in der Luft, die in der angegebenen Weise durch das Barometer angezeigt werden, eine ähnliche Ursache zu Grunde, wie der Ebbe und Fluth des Meeres, und man hat sie darum auch die atmosphärischen Gezeiten genannt; allein Laplace hat gezeigt, daß unter dieser Voraussetzung die gesammte Schwankung des Barometers unter den günstigsten Umständen höchstens ein Millimeter, also nicht ganz eine halbe Linie umfassen könne. Außerdem spricht die Zeit, in welcher die Maxima und Minima des Barometerstandes eintreten, gegen die Verwechslung beider Erscheinungen, die nur das mit einander gemein haben, daß sie täglich 2 Perioden wahrnehmen lassen. Die Gezeiten des Meeres beruhen auf dem Unterschiede der Wirkungen, welche die Anziehungskraft des Mondes und der Sonne auf die wegen der nicht zu vernachlässigenden Größe der Erde in verschiedener Entfernung von den beiden Gestirnen befindlichen einzelnen Theile derselben ausübt, denn ein dem Monde zugewendeter Theil der Oberfläche liegt diesem näher, erfährt eine stärkere Anziehung als der Mittelpunkt, während der abgewendete Oberflächentheil den Gegensatz zeigt. Bei der Meeresfluth ist der Einfluß des Mondes nicht nur unverkennbar, sondern sogar  $2\frac{1}{2}$  mal größer als der der Sonne und der Eintritt derselben ist darum abhängig von der Zeit, in welcher der Mond durch den Meridian geht. Im Gegensatz davon richtet sich die atmosphärische Fluth gänzlich nach dem Stande der Sonne und es muß ihr daher eine Ursache zu Grunde liegen, welche wohl die Sonne, nicht aber der Mond ausübt.

Sumboldt hat sich über die Ursache der atmosphärischen Fluth nicht näher ausgesprochen, doch ist, nach Ramond<sup>1)</sup> wahrscheinlich, daß sie auf der Wärmewirkung der Sonne beruht, welche eine Ausdehnung der Luft derjenigen Stellen verursacht, bei denen die Tageswärme eben am größten, bei denen es etwa 2<sup>h</sup> Nachmittags ist. Nördlich von diesen Punkten liegen Orte, die bereits wieder erkalten, westlich sind Stellen, die noch nicht so warm sind als die betreffenden. Wenn sich nun die Luft der warmen Längengrade ausdehnt, so geht sie nach oben, und weil diese Wirkung hier stärker ist, als östlich und westlich, fließt der in der Mitte hinausragende Theil der Luftsäule nach beiden Seiten ab. In der Mitte hat man daher den Druck der Atmosphäre, weniger dem was abgeflossen ist: Warme Stunden, Minimum; zu beiden Seiten den Druck der Atmosphäre mehr das, was zugekommen ist: Morgen- oder Abend-Maxima des Luftdruckes, und auf der dem Minimum

1) Mém. de l'Institut 1808. p. 108.

entgegengesetzten Seite der Erde hat man den Druck der Atmosphäre für sich: Nacht, zweites, aber kleineres Minimum, das nur darum als solches erscheint, weil es sich zwischen zwei Stellen befindet, die unter erhöhtem Luftdruck stehen. Weil die Erde sich dreht, hat eine und dieselbe Stelle eines Tropenlandes bald ein Maximum bald ein Minimum über sich, da diese mit der Sonne fortgehen. Das Hauptminimum kommt erst um 4<sup>h</sup> zum Vorschein, also zwei Stunden nach der größten Tageshize, was davon herzukommen scheint, daß die durch Temperaturdifferenzen hervorgerufenen Bewegungen einige Zeit brauchen bis sie eingeleitet sind, dafür aber noch fortbauern, wenn die sie bedingende Ursache bereits aufgehört hat. Aus einem ähnlichen Grunde ist auch die wärmste Tagesstunde nicht die des Mittags, der wärmste Monat nicht der Juni, obwohl die zu Grunde liegende Ursache, die Höhe der Sonne, in beiden ihr Maximum erreicht, sondern erst etwas später um 2<sup>h</sup> und im Juli.

Wenn man auch bei allen meteorologischen Erscheinungen der Tropenzone eine große Regelmäßigkeit beobachtet, ist diese doch nicht so groß, daß der Gang des Barometers fort und fort derselbe bliebe; es kommen auch Abweichungen davon vor. So z. B. sagt Humboldt, daß es gelegentlich vorkomme, daß das Abendmaximum eine ungewöhnliche Höhe erreiche, oder bis 4<sup>h</sup> Morgens nur wenig sinke u. s. w. und dieses unregelmäßige Spiel setze sich bisweilen, ohne daß man in der Witterung ein Ursache davon ahnen könne, mehrere Tage hindurch fort. Wir begegnen hier den unregelmäßigen Schwankungen, von denen oben gesprochen wurde, die aber wahrscheinlich nur darum unregelmäßig scheinen, weil ihre Gesetze zur Zeit noch unbekannt sind.

Die unregelmäßigen Bewegungen des Barometers sind in den Tropenländern nur unbedeutend. So z. B. kann das Morgenmaximum zu Bogota 248,30 — 249,50 Linien, das Abendminimum 247,00 — 248,66 Linien betragen. Während aber dort die regelmäßigen Bewegungen groß, die unregelmäßigen klein sind, ist in unsern Breiten der Fall der umgekehrte; die Unregelmäßigkeiten sind so groß, die normalen täglichen Oscillationen so klein, daß es nicht gelingt die letzteren zu finden, wenn man nur einige wenige Tage hindurch das Barometer stündlich beobachtet. Erst lange Reihen von Beobachtungen zeigen bei der Ausmittlung des Durchschnittes einen etwas höheren Stand für den Morgen, einen niedrigeren für den Nachmittag, und außerdem sind auch die Wendestunden nicht das ganze Jahr hindurch dieselben, denn die Tagesextreme nähern sich im Winter dem Mittag und entfernen sich von ihm in der warmen Jahreszeit. Die Größe der täglichen Schwankungen beträgt:

im äquatorialen Amerika nach Humboldt	2,55	Millimeter
in Rio de Janeiro nach Dorta, Freycinet und Eschwege	2,34	„
auf den canarischen Inseln nach L. v. Buch	1,10	„
in Paris nach Arago	0,72	„
in Königsberg nach Sommer und Bessel	0,20	„

Die unregelmäßigen Bewegungen des Barometers sind in den gemäßigten Zonen so groß, daß der Stand des Instrumentes binnen wenigen Monaten um 20 Linien differiren kann, und es ist darum nicht zu verwundern, daß die kleinen täglichen Oscillationen erst nach langem Suchen gefunden werden konnten.

Der Luftdruck wirkt nicht allein auf den Stand des Barometers, man beobachtet auch physiologische Erscheinungen, die eintreten, wenn man größere Höhen besteigt.

Saussure<sup>1</sup> bespricht die große Müdigkeit, die den Bergbesteiger überfällt, wenn er eine bedeutendere Höhe von etwa 1400—1500 Toisen erreicht. Die Ermüdung ist nach ihm eine so vollkommene, daß der Reisende sich außer Stande sieht, ohne auszuruhen, auch nur einige Schritte vorwärts zu machen, während man in der Ebene und auf weniger hohen Bergen doch nicht leicht so erschöpft wird, daß man nicht mehr weiter gehen könnte. Zwingt man sich in der Höhe vorwärts zu schreiten, so wird man alsbald von Herzklopfen und Schlägen der Arterien in einer Weise ergriffen, daß man Gefahr läuft, hinzufallen. Von dieser vollkommenen Erschöpfung (und dieses ist eine weitere Merkwürdigkeit derselben) erholt man sich alsbald wieder, wenn man selbst ohne niederzusetzen nur 3—4 Minuten die Bewegung aussetzt, und diese Erholung ist wieder so vollständig, daß man glaubt, man könne nun in einem Zuge den Berggipfel erreichen, während in der Ebene eine viel längere Zeit erforderlich ist. Sowie man sich niedersetzt schläft man ein, und selbst wenn die herrschende Kälte oder Unbequemlichkeit der Stellung noch so wenig einladend sind, hat man Mühe, sich des Schlafes zu erwehren. Nicht alle Personen sind diesem Leiden in gleicher Weise unterworfen, doch findet man selbst unter den Führern, die doch eher an solche verdünnte Luft gewöhnt sind, Individuen, bei denen sich das Uebel leicht einstellt. Manche sonst ganz kräftige Menschen bekommen Uebelkeit, Erbrechen, selbst Ohnmachten. Auch Athmungsbeschwerden treten ein, doch sind diese nicht mit Drücken verbunden, weshalb Saussure die ganze Er-

1) Voyages dans les Alpes. II. 294.

scheinung weniger dem Mangel an Sauerstoff zuschreibt, obwohl ein Athemzug dem Menschen bei der geringeren Dichtigkeit der Luft auch eine kleinere Quantität verschafft, sondern einer Erschlaffung der Gefäße, die von außen her keinen so starken Druck mehr erleiden, als der ist, mit dem die Luft in der Tiefe wirkt, und auf welchen der Organismus eingerichtet ist.

Auch Humboldt, der in den Anden noch größere Höhen erreichte, als Saussure in den Alpen, machte Bekanntschaft mit diesen Leiden. Er sagt hierüber: „Der Barometerstand in der Stadt Quito ist 20“ 1“; in der Stadt Micuipampa, im nordöstlichen Theile von Peru, 18“ 4“. Die Bewohner der Meierei Antisana athmen eine Luft, deren Elasticität durch eine Quecksilbersäule von 17“ 4“ ausgedrückt wird. Herr Gay = Lussac hat das Barometer bis 12“  $1\frac{3}{10}$ “ sinken sehen. Der Mensch, der in der Ebene an einen Luftdruck von 28“ gewöhnt ist, widersteht allen diesen Veränderungen. Die Bewohner jener hohen Gebirgsstädte des Andes (Indianer und weiße Racen) genießen der besten und dauerhaftesten Gesundheit. Fremde klagen zwar in den ersten Tagen ihrer Ankunft von der Kälte über beschwerliche Respiration, besonders wenn sie schnell sprechen, oder sich einer starken Muskelbewegung aussetzen; aber diese Unbehaglichkeit dauert nur kurze Zeit. Sinkt dagegen das Barometer bis auf 15 Zolle<sup>2</sup>, alsdann wird der Einfluß der Luftdünnung bedeutender. Auf 5000 Meter (2560 Toisen) Höhe fühlt man eine auffallende Ermattung, eine Schwäche des ganzen Nervensystems. Man fällt leicht in Ohnmacht, so gering auch die Anstrengung ist, zu welcher man seine deprimirten Muskeln zwingt. Schwächere Personen fühlen dabei große Neigung zum Erbrechen, und in Höhen, welche 3000 Toisen übersteigen, wirkt die zum Erstiegen der Berge nöthige Muskelbewegung und der Mangel des äußern Luftdrucks so sehr auf die Häute der kleinsten Blutgefäße, daß das Blut aus den Lippen, aus dem Zahnfleische und aus den Augen hervorbringt. Alle diese Erscheinungen wechseln natürlich mit der Constitution der Individuen. Saussure hat auf seinen Alpenreisen beobachtet, daß der Mensch mehr als der Maulesel der Luftdünnung widersteht. Ich habe im Königreich Neuspanien mit vieler Beschwerde ein Pferd am Cosre de Perote bis 1970 Toisen, also 69 Toisen höher als der Pic von Teneriffa gebracht. Das Thier hatte eine stöhnende beängstigte Respiration, welche nicht als Folge der Muskelanstrengung zu betrachten war, da die Beängstigung in tieferen Gegenden verschwand, wo

1) Naturgemälde der Tropenländer. 109.

2) Einer Höhe von etwa 2600 Toisen entsprechend.

das Gebirge gleich steil war. Im Ganzen glaube ich bemerkt zu haben, daß die weiße Menschenrace in Höhen, welche 2975 Toisen nahe kommen, minder leidet, als die eingeborenen, kupferfarbigen Indianer.“

Die Beschreibung Humboldt's stimmt, wie man sieht, mit den Beobachtungen Saussure's überein, nur hat Humboldt noch die Blutungen hinzugefügt, welche, wie es scheint, erst in Höhen eintreten, in die Saussure nicht mehr kam. Daß die Abnahme des Luftdruckes auf die Gefäße die in Rede stehenden Leiden, Uebelkeit, Bluten u. s. w. veranlasse, gilt jetzt als ausgemachte Thatsache, und man ist bei der Theorie Saussure's stehen geblieben. Man kann das Experiment mit den Blutungen künstlich theilweise nachmachen, denn die Wirkung des Schröppkopfes ist keine andere, als die der verdünnten Luft. In Beziehung auf die Erklärung der Müdigkeit ist seit dem Erscheinen der beiden Werke von den Gebrüdern Weber' ein neuer Umstand aufgefunden worden. Betrachtet man nämlich das Knochengerißte des menschlichen Körpers, so findet man an jeder Seite des Beckens eine spiegelglatte mit einer schlüpfrigen Feuchtigkeit besetzte Vertiefung, die Pfanne, in welche der kugelförmige Kopf des Schenkelknochens genau hineinpaßt. Das ganze Gelenk ist durch eine Membran eingehüllt, welche das Becken mit dem Schenkelknochen verbindend an dem knöchernen Pfannenrande und am Halse des Schenkelkopfs angewachsen ist. Schneidet man an einem Leichnam die Membran sowie alle Muskeln durch, welche den Schenkel mit dem Becken verbinden, so fällt darum das Bein doch nicht herab, denn der Schenkelkopf wird in der luftdicht schließenden Pfanne durch den Druck der atmosphärischen Luft zurückgehalten, und es bedarf daher keiner Kraftanstrengung der Muskeln, um während des Gehens das nicht auf dem Boden stehende Bein zu tragen, da die Luft diesen Dienst versteht. In großen Höhen, wo der Luftdruck geringer ist, vermag die Luft nicht mehr das ganze Bein zu tragen, und da nun die Muskeln auch diesen Dienst neben dem, daß sie den Fuß hin und her bewegen, versehen müssen, erfolgt die größere Müdigkeit. Diese Wirkung des Luftdruckes hellt übrigens die ganze Erscheinung nur zum Theil auf, denn es bleibt unerklärt, wie es kommt, daß, wie Saussure sagt, die Müdigkeit so schnell kommt und vergeht, und dann läßt sich nicht gut einsehen, wie nach Humboldt die Menschen sich in kurzer Zeit an den geringern Luftdruck gewöhnen. Es ist allerdings denkbar, daß bei einem Menschen, der von Jugend auf in jenen Höhen lebt, die Natur sich auf den geringern Luftdruck gewissermaßen ein-

1) Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge.

richtet, und der Pfanne einen größern Querschnitt gibt, wodurch dem Uebel abgeholfen wäre; aber daß ein Mensch, der stets in der Ebene lebte, in der Höhe eine weitere Pfanne bekommen sollte, ist unmöglich. Vergleichende Untersuchungen über die Pfannendurchmesser sind mir nicht bekannt. Es sollen übrigens die englischen Jagdhunde, die auf das 6—7000 Fuß hohe Plateau von Mexico gebracht worden, zur Jagd untauglich sein, nicht so aber die zweite Generation, ihre im Lande selbst geborenen und aufgewachsenen Jungen.

#### 4. Hydrometeore.

Außer den Gasen, die bereits oben als constante Bestandtheile der Atmosphäre angegeben wurden, enthält die Luft eine bald größere bald geringere Menge von Wasserdampf, dessen Schwankungen vorzugsweise das ausmachen, was man unter dem Gesamtbegriffe Wetter versteht, während sie in Gemeinschaft mit den Wärmeerscheinungen diejenigen Phänomene veranlassen, die dem Menschen am meisten fühlbar sind, und zugleich mit ihnen bisweilen Klima heißen.

Daß Wasser sich in der Luft befindet, ist so lange bekannt, als der Mensch denken kann, denn der Regen bringt es herab, während das Austrocknen einer Wasseransammlung zeigt, daß und wie das flüssige Element sich in die Luft erhebt. Weniger alt ist die Kenntniß der Art und Weise, wie sich das Wasser in der Atmosphäre befindet. Stillschweigend war von jeher angenommen, daß das Wasser in der Luft im aufgelösten Zustande sich befinde, etwa so wie der Zucker im Wasser ist, und wie sich aus verschiedenen Ausdrücken schließen läßt, die sich in den Humboldt'schen Werken aus dem vorigen Jahrhundert finden, war auch unser Gelehrter Anhänger dieser Theorie. Man dachte sich dabei eine Verbindung des Wassers mit der Wärme, die man damals noch für einen materiellen Stoff hielt, der sich nur dadurch von den gewöhnlichen chemischen Elementen unterscheidet, daß er dem Gesetze der Schwere nicht unterworfen sei, während man jetzt die Wärmeerscheinungen aus der schwingenden Bewegung der kleinsten Theilchen des warmen Körpers erklärt, und dann glaubte man, sei diese Verbindung von Wasser und Wärme, d. i. der Wasserdampf, mit den gasförmigen Bestandtheilen der Luft chemisch verbunden.

Gegen diese Theorie wurde zuerst *Saussure* mißtrauisch, da er fand, daß in einem gegebenen Volumen stets gleichviel Wasser enthalten sei, es möge darin ein Gas enthalten sein, was immer für eines man wolle, wenn

nur die Temperatur dieselbe bleibe, während sich Verschiedenheiten ergeben müßten, wenn man hier mit einer chemischen Verbindung zu thun hätte; denn um bei unserem vorigen Beispiele stehen zu bleiben, wenn man das Wasser, in dem Zucker gelöst werden soll, durch eine andere Flüssigkeit etwa durch Weingeist ersetzt, so löst sich eine viel geringere Menge Zucker im gleichen Quantum Flüssigkeit auf, als in Wasser, was darauf schließen läßt, daß die Natur der auflösenden Flüssigkeit durchaus nicht gleichgültig für die Menge der löslichen Substanz ist. Bei den Gasen und Wasserdampf findet sich ein solcher Unterschied nicht, ja noch mehr, es ist vollkommen gleichgültig, in welchem Dichtigkeitszustande die Luft ist, man kann sie sogar ganz entfernen, und bei gleicher Wärme ist in einem gegebenen Volumen immer gleichviel Wasser, selbst wenn man den Versuch im luftleeren Raume macht, in dem doch gar kein Auflösungsmittel vorhanden ist.

Dieser Umstand veranlaßte Dalton das bereits oben S. 65 ange deutete Gesetz auszusprechen, welchem zufolge sich über der Erde eine Atmosphäre von Wasserdampf befindet, die unabhängig von der Sauerstoff-Stickstoffhülle zwischen deren einzelnen Theilchen ganz ihren eigenen Gesetzen gehorcht und ihre Angelegenheiten selbst besorgt. Die in einem gegebenen Raume befindlichen Wasserdampftheile breiten sich in diesem gerade so aus, als wenn gar keine Luft vorhanden wäre; nur geschieht dieses etwas langsamer, wenn die letztere dichter wird.

Wenn die Erde von einer Wasserdampfatmosphäre umgeben ist, so können wir diese in eine beliebige Anzahl von concentrischen Schichten zerlegt denken, von denen immer die äußere auf die innere einen Druck ausübt, weil letztere ihrem Bestreben, sich der Erde zu nähern, einen Widerstand entgegen setzt, und die unterste (der Erde nächste) Schichte hat den Druck aller über ihr befindlichen auszuhalten. Dieser Druck wirkt auf Flüssigkeiten, wie z. B. das Quecksilber im Barometer, ebenso, wie der Luftdruck und die Höhe der Quecksilbersäule dieses Instrumentes ist daher das Resultat der Gesamtwirkung aller drückenden Gase, des Sauerstoffs, Stickstoffs, Wasserdampfs etc. Je mehr Schichten auf irgend einer Luft lasten, d. h. je größer der Druck ist, um so kleiner wird nach dem Gesetze Mariotte's das Volumen, desto größer die Dichtigkeit und darum ist auch in der Tiefe dichtere Luft als in der Höhe. Diesem Gesetze gehorcht auch der Wasserdampf, aber nur bis zu einer gewissen Gränze, denn sowie diese überschritten ist, so wird der Dampf seine Gasgestalt verlieren und wieder zu Wasser werden. Je mehr Wassergas vorhanden ist, um so größer wird der Druck sein, und um so näher die Gränze, bei der die Condensation erfolgt. Aus diesem Grunde



kann ein gegebenes Volumen, etwa ein Cubikmeter, nur eine bestimmte Quantität Wasserdampf enthalten; diese Quantität wechselt aber mit der Temperatur und steigt mit dieser. Bei einer Wärme von  $10^{\circ}$  können z. B. in einem Cubikmeter 9,7 Gramme Wasser enthalten sein, 17,1 Gramme dagegen, wenn die Wärme  $20^{\circ}$  beträgt. Ist bei letzterer Wärme die Menge 17,1 vorhanden, und kühlt man bis auf  $10^{\circ}$  ab, so enthält der Raum nur noch 9,7, der Rest hat sich als tropfbarflüssiges Wasser abgesondert. Geschieht die Abkühlung feuchter Luft unter den Sättigungspunkt herab im Freien, so bildet das ausgesonderte Wasser kleine Bläschen, davon eine größere Menge zusammen den Namen *Nebel* oder *Wolke* führt; folgt wieder eine Temperaturerhöhung, so löst sich das Bläschen wieder auf, d. h. es wird wieder zu Gas; geschieht dieses nicht, so rinnen sie als Tropfen zusammen und fallen als *Regen* oder wenn die Auscheidung unter dem Gefrierpunkt erfolgt, als *Schnee* nieder. Hierauf beruhen sämtliche meteorische Niederschläge.

Nach Feststellung der Theorie, die der Entstehung wässriger Niederschläge zu Grunde liegt und die wir großentheils den Arbeiten *Dalton's* und *Gay-Lussac's* verdanken, bleibt die praktische Anwendung übrig, die sich darauf beziehen muß die Gesetze, nach welchen der Wassergehalt der Atmosphäre sich je nach Ort und Zeit verändert, aufzusuchen, die Höhe der Wolken, also derjenigen Schichte zu bestimmen, in welcher der Uebergang der Dämpfe in tropfbares Wasser, wenn nicht ausschließlich, doch zum großen Theile vor sich geht, die Vertheilung des Regens und der meteorischen Niederschläge überhaupt je nach Land und Jahreszeit zu untersuchen und die Masse von Wasser anzugeben, welche sei es während eines einzigen kurzen Regengusses sei es im Laufe eines ganzen Jahres niederfällt.

Call der jeweilige Wassergehalt, der neben der Luft in der Atmosphäre ist, bestimmt werden, so muß man offenbar zunächst im Besitz eines Instrumentes, *Hygrometers* sein. Schon seit langer Zeit ist bekannt, daß verschiedene Körper aus dem Thier- und Pflanzenreiche in feuchter Luft eine Veränderung erleiden, und darum hat man diese Gegenstände von jeher als *Wetterpropheten* benützt. Darmsaiten drehen sich auf; wenn sie in feuchte Luft gebracht werden, weshalb z. B. Saiteninstrumente aus einem kalten Local in einen Concertsaal gebracht, in dem des Athmens der vielen Menschen wegen die Luft stets feucht ist, verstimmt werden. *Saussure* benützte weiche, nicht krause, wo möglich blonde Menschenhaare, die er aufspannte und mit einem Zeiger in Verbindung brachte, von dessen Bewegung er dann auf die Feuchtigheit der Luft schloß. *De Luc* benützte zu gleichem Zwecke

Streifen von Fischbein. Verschieden von diesen Apparaten sind die neueren Instrumente, die auf der Bestimmung des Punktes beruhen, an dem das Wasser seine Gasgestalt verläßt. Ist eine Luft sehr feucht, so wird sie einer geringen Abkühlung bedürfen, um einen Theil ihres Wassers zu verlieren, während trockene Luft eine viel größere Erkältung ertragen kann.

Als Humboldt seine Reise in Amerika machte, kannte man die Instrumente letzterer Art theils nicht, theils waren sie, namentlich für Reisende, zu unbequem und zu unzuverlässig, und er hat daher seine Beobachtungen allein mit Saussure's und de Luc's Hygrometer angestellt. Die Hygrometerbeobachtungen zeigten Humboldt, daß in dem äquinoctialen Theile von Amerika die Luft an heitern Tagen einen bedeutenden Gehalt von Feuchtigkeit besitzt<sup>1</sup>, der den im mittleren Europa selbst in den Sommermonaten gefundenen fast um das Doppelte übersteigt. Doch gilt dieses nur für die Ebene; in den Höhen nimmt der Wassergehalt der Atmosphäre rasch ab, und ist bei bedeutenden Erhebungen selbst geringer als in Europa in der Tiefe bei gleicher Temperatur. Es hat übrigens Gay-Lussac bei seiner Luftfahrt gefunden, daß auch in den Höhen von Europa die Luft trockner wird, so daß man die Zustände jener Regionen mit denen unserer Wintermonate zwar rücksichtlich der niedrigen Temperatur der Luft, nicht aber in Beziehung auf deren Wassergehalt vergleichen kann.

Für die Höhe der dichten Wolken in den Tropen bestimmte Humboldt als untere Gränze 615 Toisen, als obere 1700 — 1800; Biot und Gay-Lussac fanden für die Sommermonate in Europa als untere Gränze ebenfalls 600 Toisen. In diesen Gränzen ist jedoch nur das dichte Gewölke einbegriffen, denn die feinen dünnen Wölkchen, die man auch mit dem Namen Schäfchen bezeichnet, gehen viel höher. Humboldt und Bonpland sahen diese Gebilde auf dem Antisana noch hoch über sich, und schätzten sie auf wenigstens 4100 Toisen. Auch Gay-Lussac sah diese Wolken auf seiner zweiten Luftreise, bei der er doch 3600 Toisen erreichte, noch über sich.

Von besonderem Interesse ist die Abhandlung Humboldt's: *De l'influence de la déclinaison du soleil sur le commencement des pluies équatoriales*, weil sie einen besonders klaren Einblick auf die Witterungsvertheilung der Tropen gestattet, also derjenigen Region, welche bei fast allen meteorologischen Untersuchungen den Ausgangspunkt bildet. Die Tropenzone hat nämlich, wie bereits erwähnt, den großen Vorzug vor den andern, daß

1) Naturgemälde 112. Relation hist. III. 316.

alle meteorologischen Erscheinungen in ihr mit großer Regelmäßigkeit eintreten, und hätte die Meteorologie in ihr begonnen, so würde sie wohl schon weiter sein, als dieses wirklich der Fall ist. Bereits oben bei dem Luftdrucke hatte ich Gelegenheit auf eine Erscheinung aufmerksam zu machen, welche man zwischen den Wendekreisen entdeckt, wenn man nur ein paar Tage das Barometer sorgfältig beobachtet, und die man bei uns erst gefunden hat, nachdem man durch die Vorgänge in der Aequatorialregion darauf aufmerksam geworden war. Ähnlich ist es auch mit den übrigen Phänomenen; allenthalben, soweit die Wissenschaft bis jetzt reicht, zeigt sich zwischen den Wendekreisen die größte Regelmäßigkeit. Es können übrigens noch andere Verhältnisse dort Erscheinungen bewirken, die wir zwar nicht kennen, weil jene Länder überhaupt eigentlich noch wenig untersucht sind, die aber doch manche Anhaltspunkte für die Gegenden außerhalb der Wendekreise geben werden. So z. B. würde es dort wohl viel leichter sein, den Einfluß eines Gebirges, eines großen Waldes auf die Witterung zu finden, als es bei dem Durcheinander von Erscheinungen der Fall ist, mit denen wir in unsern Gegenden zu thun haben.

Sumboldt untersuchte in der genannten Abhandlung die Vertheilung der Jahreszeiten, wie sie in jenen Ländern stattfindet.

Wie unter dem Polarkreise und jenseits desselben eigentlich nur 2 Jahreszeiten zu bemerken sind, eine kalte und eine warme, oder Tag- und Nachtjahreszeit so findet man auch innerhalb der Tropen nur 2 Abtheilungen, die heiße und die nasse, oder, wie die Indianer sagen, die Zeit der Sonne und der Wolken. In den wärmeren Gegenden der gemäßigten Zone regnet es am meisten, wenn die Sonne den niedrigsten Stand erreicht, also in derjenigen Jahreszeit, die unserm Winter entspricht; alsdann ist dort die Regenzeit. Innerhalb der Tropen dagegen regnet es, wenn die Sonne sich dem Zenithe nähert, in der Zeit, die unserm Sommer gleicht. Nichts gleicht vom December bis Februar im Norden vom Aequator der Reinheit des Himmels, keine Wolke läßt sich sehen und zeigt sich ja einmal eine, so nimmt sie die volle Aufmerksamkeit der Bewohner in Anspruch. Der Wind weht mit Heftigkeit aus Ost und Nordost. Es ist der Passat, der die Luft aus kälteren Gegenden gegen diejenigen hinführt, die die Sonne über sich haben. Geht die Luft aus der kälteren Gegend in die wärmere, so wird sie ebenfalls wärmer, und da sie, wie oben gezeigt wurde, bei einer Temperaturerhöhung eher befähigt wird, mehr Wasser in sich aufzunehmen, ist um so weniger an einen wässerigen Niederschlag zu denken. Es ist dort derselbe Fall, wie bei uns, wenn Nordostwind weht, auch wir haben alsdann heiteres Wetter;

aber bei uns wechselt dieser Wind das ganze Jahr hindurch fortwährend mit dem Regen bringenden Südwest, während dieses dort in den genannten Monaten nicht der Fall ist. Gegen das Ende des Februars oder mit Beginn des März zeigt das Hygrometer allmählig größere Feuchtigkeit, die Sterne funkeln, statt sich wie sonst in ruhigem Lichte zu zeigen, und sind bisweilen wie mit einer dünnen Dunstschichte verschleiert. Jetzt wird auch der Wind schwächer und macht bisweilen vollkommener Windstille Platz. Im Südost bilden sich Wolken von sehr bestimmt ausgesprochener Form; sie lösen sich bisweilen ab, und durchheilen den Horizont mit einer Schnelligkeit, die dem unten wehenden schwachen Winde wenig entspricht. Gegen das Ende des März treten kleinere elektrische Explosionen auf. Hieraus dreht sich der Wind von Zeit zu Zeit auf mehrere Stunden nach West und Südwest und gegen Ende des April beginnt die Regenzeit und mit ihr die Zeit der Gewitter. Alsdann verschleiert sich der Himmel, das Blau ist verschwunden. Der Regen stürzt am Tage nieder und hört gegen Sonnenuntergang, jedenfalls aber in der Nacht auf. Auch die Gewitter entstehen, wenn die Sonne im Meridiane ist, während Nachtgewitter sich nur in einigen Thälern einstellen. Dieser Zustand bleibt, bis sich die Sonne wieder südwärts zurückzieht und die kalte Jahreszeit der Nordhalbkugel beginnt. Es beginnt hierauf der Nordstrom wieder und mit ihm die heitere Witterung.

Pumboldt hat diese Reihenfolge von Erscheinungen nicht bloß beschrieben, sondern auch eine Erklärung dazu gegeben, die als durchaus anerkannt und unbestritten angesehen werden kann. Nach der Theorie *Falley's* beruht das Phänomen der Passatwinde auf der vereinigten Wirkung der Sonne und der Umdrehung der Erde, denn erstere verursacht die Bewegung der Luft zum Aequator oder zu dem Erdengürtel, der jeweilig der wärmste ist, und letztere bringt die Drehung in der Richtung nach West zum Vorschein. Dem auf unsrer Halbkugel von Nordost nach Südwest strömenden Luftzuge entspricht ein in entgegengesetzter Richtung gehender; bei uns sind beide Ströme neben einander und wechseln mit einander ab, in den niedrigen Breiten dagegen ist der Polarstrom immer unten (der Passat), der andere immer oben. Da von jedem Pole ein Passat ausgeht, müssen beide irgendwo zusammenstoßen und dieses Irgendwo ist da, wo die Wärme jeweilen am größten ist, die Sonne am höchsten steht. So lange der Wind von einer kälteren Stelle zu einer wärmeren hingehen kann, ist eine Regenbildung aus dem bereits angegebenen Grunde unmöglich; aber da wo es am wärmsten ist, hört die horizontale Bewegung der mittlerweile in hohem Grade mit Wasser beladenen Luft auf, diese geht in die Höhe, dehnt sich aus, wird dabei

kälter und verliert ihr Wasser zum Theil, das nun als Tropenregen niederfällt. Die bisweilen wehenden und die Windstille unterbrechenden Südwinde sind Theile des jenseitigen Polarstromes, der an der Gränze beider Winde gelegentlich diese überschreitet.

Die Zone, in welcher die Tropenregen niederfallen, und mit der uns Humboldt bekannt gemacht hat, findet sich jetzt unter dem Namen Kalmenzone in allen Regenarten; sie bildet einen 8—10 Grade breiten, nur im indischen Oceane der dort durch locale Verhältnisse bedingten Mouffons wegen unterbrochenen Gürtel rings um die Erde, und geht je nach dem Stande der Sonne innerhalb der Wendekreise hin und her, ohne jedoch letztere vollständig zu erreichen.

Es handelt sich übrigens hier nur von den allgemeinen Zuständen jener Regionen, denn Localeinflüsse machen sich auch dort geltend. So bemerkt Humboldt am Schlusse seiner Abhandlung, daß er sich nur auf das Mittel beschränken wolle, daß es aber Fälle gebe, wo Gebirge und Küsten entgegengesetzte Regenzeiten haben. Es wäre sehr interessant, wenn jetzt, da man das Allgemeine kennt, diese Localeinflüsse in den Tropen genauer studirt würden, weil man dann leichter auf die analogen Wirkungen in unsern Gegenden schließen könnte, wo die Gesetzmäßigkeiten immer mehr verstreut sind, als in der Nähe des Aequators.

Bei uns fällt die größere Menge meteorischen Wassers im Sommer herab, denn in dieser Jahreszeit ist die Wärme am größten und die Atmosphäre wird dadurch befähigt, mehr Wasser aufzunehmen, aber nöthigenfalls auch abzugeben. Die Aequatorialgegenden sind das ganze Jahr warm, besonders aber in der Regenzeit, und die Ursache, welche bei uns die stärkeren Regen veranlaßt, muß daher dort besonders stark hervortreten. Während nach Humboldt<sup>1</sup> in Europa selten in der Stunde 4 Linien Regen fallen, beobachtete er in Guahaquil  $1\frac{3}{10}$  Zoll. Darum ist aber auch die Regenmenge der Tropen, trotzdem daß es dort viel mehr heitere Tage gibt als bei uns, beträchtlicher als in der gemäßigten Zone, denn sie beträgt dort im Mittel 70 Zolle (in manchen Gegenden darüber) in Europa 22. Später<sup>2</sup> hat Humboldt die Regenmenge der Tropen viel höher (zu 100—112 Zoll) angegeben, auch einige Beobachtungen Anderer angeführt, die ausnahmsweise noch mehr gefunden haben; so Kouffin in Cayenne in dem einzigen Monat Februar 151 Zoll. Die größten Regenmengen sind übrigens in

1) Naturgemälde 116.

2) Relation historique III. 136.

neuerer Zeit in den Himalayagegenden beobachtet worden. Jetziges Maximum: Cherraponjee am Abhange der Cossiahills in 4500 Fuß Höhe mit 610 Zollen. (Dove, Klimatolog. Beiträge 97.) Es darf übrigens hierbei nicht übersehen werden, daß, wie die Regenmenge ausnahmsweise erhöht wird, sie auch durch Localeinflüsse gemäßigt werden kann; so beträgt die Regenmenge in Cumana nicht mehr als 7—8 Zolle<sup>1</sup>; im peruanischen Litorale regnet es gar nicht.<sup>2</sup>

### 5. Optische Erscheinungen.

Die blaue Farbe des wolkenfreien Himmels ist nicht immer und überall dieselbe; im Sommer ist das Gewölbe dunkler, im Winter heller, und der Ausdruck „italienischer Himmel“, d. i. dunkler Himmel, ist sogar sprichwörtlich.

Um diese einzelnen Zustände mit einander vergleichen zu können, hat Saussure ein Instrument, das Chanometer erdacht. Durch Anstreichen mit gutem Berlinerblau stellte er eine Anzahl von 53 Papieren dar, welche vom reinen Weiß bis zum gesättigten Blau und von diesem durch Zusatz von Tusch bis zum vollkommenen Schwarz eine Reihe gleichförmig fortschreitender Zwischenstufen bildeten. Von diesen Papieren wurden gleichgroße Stücke ausgeschnitten und diese auf den Umfang eines Kreises aufgeklebt. Diese 53 Nuancen von Weiß durch Blau zum Schwarz wurden Grade genannt, und diese Grade wurden von Weiß anfangend gezählt. Will man mit diesem Instrumente die Farbe an irgend einer Stelle des Himmels bestimmen, so hält man das Chanometer zwischen das Auge und diese Stelle und sieht, welcher Grad der Färbung des Himmels entspricht. Die Beobachtung muß womöglich im Freien gemacht werden, damit das Chanometer hinreichend erleuchtet ist.

Die blaue Farbe des Himmels ist eine Wirkung der Luft, ohne welche der erstere ohne Farbe, d. i. vollkommen schwarz erscheinen würde. Sieht man durch dicke Lagen der Luft, so wird deren Farbe sich dem Weiß mehr nähern, als wenn man durch eine dünnere Schichte blickt, und darum erscheint auch das Blau des Himmels im Zenithe dunkler, als im Horizonte. Messungen dieser Nuancen, die Humboldt im atlantischen Oceane anstellte<sup>3</sup> und die den

1) Relation historique III. 318.

2) Naturgemälde 115.

3) Relation historique I. 250.

Genfer Beobachtungen Saussure's ziemlich entsprechen, zeigten, daß in 1° Höhe, also nahe am Horizonte, das Cyanometer 2°,5—3° zeigte, in 60° Höhe dagegen 21°—22° und im Zenithe 22°,4—23°,5. Bei Zenithbeobachtungen fand Humboldt in den Tropen durchschnittlich eine größere Dunkelheit, denn während die mittlere Farbe in Paris (bei 25° Wärme) 16°—17° beträgt, ist sie in den Tropen ebenfalls in der Ebene 23°. Auch die schönsten spanischen und italienischen Sommernächte, sagt Humboldt', sind nicht mit der stillen Majestät der Tropenwelt zu vergleichen. Nahe am Aequator glänzen alle Gestirne mit ruhigem planetarischem Lichte. Funkeln ist kaum am Horizonte bemerkbar. Die schwächsten Fernrohre, welche man aus Europa nach beiden Indien bringt, scheinen dort an Stärke zugenommen zu haben: so groß und beständig ist die Durchsichtigkeit der Tropenluft.

Auf dem Gipfel des Montblanc, in einer Höhe von 2450 Toisen, sah Saussure das Cyanometer auf 39°. Humboldt beobachtete auf dem 549 Toisen niedrigeren Pic von Teneriffa 41°, in den Andes von Südamerika, in einer Höhe von 2975 Toisen 46°, und eben diese Farbe sah Gay-Lussac auf seiner ersten Luftreise.

Wenn die Luft der Tropen dunkler erscheint als bei uns, so folgt daraus nothwendig, daß von den von der Sonne auf die Erde kommenden Lichtstrahlen dort weniger in der Luft verloren gehen, als bei uns, und wenn unterwegs weniger verloren geht, so muß der die Erde erreichende Rest größer sein, wie dieses auch auf den Gebirgen der Fall ist. Dieses Verhältniß ist auch den Beobachtungen Humboldt's nicht entgangen, denn er sagt<sup>2</sup>: „Die unbeschreibliche Reinheit der Tropenluft verursacht, daß selbst bei gleicher Höhe des Standpunkts über der Meeresfläche das Licht lebhafter und stärker als in Europa ist. Wie blendend und ermüdend ist nicht in Westindien das Tageslicht selbst an Orten, wo kein Reflex stattfindet! Auch suchen die Europäer sich mehr noch vor nervenschwächender, überreizender Helle, als vor der Wärme zu bewahren. Sie schmelzen dort gleichsam wieder in ihrem Gefühle zusammen, was in den Wirkungen geschieden doch nur aus derselben einfachen, aber nie verfliegenden Quelle fließt.“

„Auffallend ist der Einfluß des Sonnenlichtes auf die vitalen Functionen der Pflanzen, auf ihre Respiration, auf ihre Färbung und, nach Berthollet, auf die Fixirung des Stickstoffs in der Fäcula. Diese Betrachtungen bestätigen die Vermuthung, daß die ungeschwächte Helle, welcher die Alpen-

1) Naturgemälde 120.

2) Naturgemälde 122.

gewächse, besonders in der Andeskette, ausgesetzt sind, zu ihrem resinösen und aromatischen Charakter beitragen. In dem zweiten Bande meiner Schrift über die gereizte Muskel- und Nervenfaser habe ich Versuche angeführt, welche einen Einfluß des Sonnenlichtes auf die thierischen Organe andeuten, der der Wärme allein nicht zugeschrieben werden kann. Sollte nicht das sonderbare Gefühl von Schwäche, über welches alle Einwohner von Quito und Mexico klagen, wenn sie den in 3—4000 Meter Höhe so auffallend stehenden Sonnenstrahlen ausgesetzt sind (eine Schwäche und Ermüdung, welche gar nicht der Muskelbewegung, oder der in der luftdünneren Region vermehrten Hautrespiration allein zugeschrieben werden kann) auf eine solche Nervenreizung des ungeschwächten Sonnenlichtes hindeuten? In der That kenne ich nichts Erschöpfenderes als dieß Sonnenlicht auf der hohen und kalten Andeskette. Oder kann das gleichsam noch unerschöpfte Licht bei dem Widerstande, den es gegen dichte Körper anprallend gleichsam zum erstenmale findet, auf dem Gebirge mehr Wärme als in luftdichteren Regionen der Ebene erregen?“

Wenn ein Lichtstrahl die Luft durchbringt und auf seinem Wege durch Schichten derselben von verschiedener Dichtigkeit gelangt, so setzt er im Allgemeinen seinen Weg nicht in gerader Richtung fort, sondern beschreibe eine mehr oder weniger stark gekrümmte Curve. Denkt man sich die verschiedenen dichten Theile der Atmosphäre in concentrischen Schichten um die Erde gelagert, wie dieses ähnlich bei den Zwiebelschalen der Fall ist, so liegen die eine dichtere Luft enthaltenden Schichten der Erde näher, die dünneren ferner. Durchbricht ein Lichtstrahl vom Zenithe eines Ortes kommend senkrecht die oberste Schichte, so thut er dieses auch bei der nächsten und allen folgenden, er fällt auf den gegebenen Ort der Erdoberfläche eben so ein, und die Folge davon ist, daß er, weil er nirgends von seinem Wege abgelenkt wurde, eine gerade Linie beschrieben hat. Dieser Fall eines geraden Weges ist aber der einzige, denn sowie der leuchtende Körper sich nicht im Zenithe des Beobachtungsortes befindet, wird der Lichtstrahl abgelenkt und macht einen um so mehr gekrümmten Weg, je größer die Distanz vom Zenithe ist. Weil die dichteren Schichten der Luft unten liegen, ist die convexe Seite der vom Strahle beschriebenen Curve nach oben gerichtet, und wenn man die Richtung der letzten Wegstrecke nach rückwärts verfolgt, so trifft diese Richtung darum einen Punkt des Himmelsgewölbes, der dem Zenithe näher liegt, als der leuchtende Punkt. Das Auge des Beobachters sucht den gesehenen Gegenstand in der Verlängerung derjenigen Richtung, welche der Lichtstrahl hatte, ehe er in's Auge drang, und wenn der Lichtstrahl auf seinem Wege seine Richtung geändert



hat, so sieht man den leuchtenden Punkt auch nicht an der Stelle, an der er sich wirklich befindet. Man sieht z. B. das Bild eines Gegenstandes im Spiegel. Das Licht hat in diesem Falle zuerst den Weg vom gesehenen Objecte zum Spiegel gemacht, ist dann am Spiegel reflectirt worden, hat dabei seine Richtung geändert und kommt in der neuen Richtung in's Auge des Beobachters. Dieser sieht nun das Object oder vielmehr sein Bild in der rückwärts verlängerten Richtung, die der Strahl unmittelbar vor dem Eintritte in's Auge hatte, sieht es also *hinter* dem Spiegel.

Die Ablenkung des Lichtes auf seinem Wege durch die Luft ist die Ursache, daß man einen nicht genau im Zenithe befindlichen Stern nie in derjenigen Stelle wahrnimmt, an der er wirklich ist, denn allemal nähert er sich scheinbar dem Zenithe, vergrößert seine Höhe. Die Differenz zwischen scheinbarer und wirklicher Höhe ist um so größer, je näher das gesehene Object dem Horizonte ist, und wird Null im Zenithe. Ein eben aufgehender Stern erscheint um etwas mehr als einen Mondsdurchmesser über dem Horizonte, und sieht man ihn genau im Horizonte, so ist er in Wirklichkeit noch gar nicht aufgegangen.

Es erhellt, daß diese Eigenschaft des Lichtes für die beobachtende Astronomie von äußerster Wichtigkeit ist, denn wenn man die Berechnung irgend einer Sternbahn auf die Beobachtung stützen soll, so muß man aus dieser die wahre Höhe des Sternes kennen lernen und die genaue Kenntniß des Betrages dieser Strahlenbrechung ist ein für die Astronomie unumgängliches Element.

Man kennt die bezeichnete Wirkung der Atmosphäre auf das Licht schon längst, denn bereits im Alterthum hatte man Gelegenheit damit Bekanntheit zu machen. Man beobachtete nämlich eine Mondfinsterniß, bei welcher Sonne und Mond allerdings nahe am Horizonte, aber doch beide gleichzeitig über demselben waren.

Bei der Mondfinsterniß müssen die drei Himmelskörper Sonne, Erde und Mond in einer geraden Linie stehen, wobei die Erde zwischen der Sonne und dem Trabanten ist. Stehen sich aber Sonne und Mond gegenüber, so sieht die eine Halbkugel der Erde (die Taghalbe) die Sonne, die Nachthalbe sieht den Mond, aber man sieht, weil die Erde nicht durchsichtig ist, nirgends beide Gestirne zugleich. Die Strahlenbrechung verursacht, daß man gewissermaßen um die Ecke sieht, und daß man an der Gränze, die die Taghalbe von der Nacht scheidet, sowohl Sonne als Mond beobachten kann.

Um die Zeit von Christi Geburt wußte man bereits die Ursache der Sonnen- und Mondfinsternisse und da eine der letzteren eintrat, während

beide Gestirne über dem Horizonte waren, erklärte *Cleomedes* die Erscheinung, erklärte sie aber der damaligen Ansicht vom Lichte zufolge gerade umgekehrt. Man glaubte nämlich damals, daß der Lichtstrahl vom Auge aus- und zu dem gesehenen Objecte hin gehe, um es sichtbar zu machen. In diesem Sinne sagt *Cleomedes*, der Strahl, der vom Auge parallel mit der Erdoberfläche ausgehe, treffe auf eine dicke Luft, werde von seinem Wege abgelenkt und verfolge die schon unterm Horizonte befindliche Sonne.

*Alhazen* versuchte die Wirkung der Refraction der Rechnung zu unterwerfen, wobei er von dem ganz richtigen Principe der Meridiandurchgänge ausging. Die gesammten Sterne des Himmels scheinen sich nämlich täglich um eine Linie (*Axe*) herumzudrehen, welche das Himmelsgebölbe in der Verlängerung der Drehungsaxe der Erde in den beiden Himmelspolen schneidet. Diese Pole stehen sich diametral gegenüber. Für die Punkte des Erdäquators liegen sie im Horizonte (wenn man von der Strahlenbrechung absieht), jeder andere Punkt der Erde steht nur einen dieser Pole und dieser ist um eben so viele Grade über dem Horizonte, als die geographische Breite des Beobachtungsortes beträgt. Der Meridian dieses Ortes geht durch dessen Zenith und setzt sich durch den Himmelspol nach dem Horizonte fort. Es müssen nun in der Nähe des Himmelspoles Sterne sein, die, wenn sie die Runde um die *Axe* machen, zweimal über dem Horizonte durch den Meridian gehen, und diese Sterne können um so weiter vom Pole entfernt sein, je größer die Breite ist. Bei diesem zweimaligen Passiren muß der Stern das einmal weiter vom Horizonte weg, das andere mal näher sein, und weil die Wirkung der Luft das erstemal schwächer ist, das zweitemal stärker, wird der Stern im letzten Falle dem Pole näher zu sein scheinen; da er aber immer gleichweit entfernt sein muß, läßt sich daran die Luftwirkung erkennen.

*Tycho de Brahe* und *Roßmann*, durch die Wirkung des warmen Bodens aufmerksam gemacht, schlossen, die Refraction müsse in verschiedenen Ländern verschieden sein, welchen Satz *Kepler* bestätigte. Es muß nämlich, wenn die Luft sehr dicht ist, ihre Wirkung größer sein, und da die Wärme die Dichtigkeit der Luft vermindert, wirkt sie der Refraction entgegen. Niedriges Thermometer und hohes Barometer verstärken die Strahlenbrechung.

*Karl XI. von Schweden*, *Spole* und *Billemberg* machten Beobachtungen in *Tornea* in *Lapland* und daraus berechneten *Cassini* und *Picard* die dortige Strahlenbrechung als noch einmal so groß als in *Paris*, während *Bouguer* sie für den Aequator kleiner angab. *Le Gentil* dagegen setzte, gestützt auf Beobachtungen, die er zu *Pondichery* angestellt hatte,

die Refraction der Tropen wieder höher, und es war daher zu entscheiden, wer von beiden Recht habe.

Humboldt hatte auf seiner Reise, weil er zum Zwecke von Bestimmungen geographischer Längen und Breiten darauf hingewiesen war, viele astronomische Beobachtungen angestellt, aus denen sich die Refraction berechnen ließ. Die Rechnungen, die durch Olmanns ausgeführt wurden, gaben ein anderes Resultat als Bouguer erhalten hatte, und stimmten mit dem Le Gentil's zusammen.

Humboldt widmete dem Gegenstande eine größere Abhandlung, die sich in dem ersten Bande der Observations astronomiques befindet. In dieser Arbeit ist nach einer geschichtlichen Einleitung die Wirkung der einzelnen Umstände untersucht. Da die einzelnen Gase nicht alle gleichmäßiges Lichtbrechungsvermögen haben, so benutzte er die chemische Untersuchung über die Luftzusammensetzung, von der oben die Rede war, hierzu; dann besprach er die Einwirkung der Feuchtigkeit, den Einfluß der Wärme. Der Bestimmung der Wirkung der Luftwärme muß eine Untersuchung über die Abnahme der Wärme gegen oben vorausgehen, und Humboldt hat daher diese Verhältnisse sehr ausführlich besprochen.

Die Refraction zeigt sehr schön, wie in den Naturwissenschaften oft das eine Fach von einem andern abhängig sein kann, wo man es kaum ahnen sollte. Die Astronomie, die sich eigentlich doch nur mit Körpern beschäftigt, die weit von unserer Erde entfernt kaum je Proben in den Schmelztiegel des Chemikers liefern werden (denn die Meteorsteine, die einzigen Himmelskörper die von außen kommend dem Chemiker verfallen, lassen sich wenigstens zur Zeit kaum als Objecte der Astronomie betrachten), ist darum doch nicht unabhängig von der Chemie, wenigstens hatte letztere hier die Frage zu beantworten, ob aus der Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung eine Verschiedenheit der Strahlenbrechung zu erwarten sei. Die Frage ist mit „Nein“ beantwortet worden, denn die chemische Constitution der Atmosphäre ändert sich nicht, wenigstens nicht was den Gehalt an Sauerstoff und Stickstoff anbelangt, der Gehalt an Kohlensäure ist zu unbedeutend und der Wasserdunst hat denselben Einfluß wie die trockene Luft, aber die Feststellung des Umstandes, daß eine Nebenwirkung auf eine Erscheinung von einer Seite her nicht zu befürchten sei, ist gerade so wichtig als eine Untersuchung, welche den allenfallsigen Betrag dieser Nebenwirkung zu beseitigen lehrt.

Von den Ursachen, welche die Refraction ändern, bleiben, da die chemische Beschaffenheit der Luft ohne Einfluß ist, noch die Wärme und die Dichtigkeit übrig, und von diesen beiden ist es die erstere, welche, weil sie

nach oben nicht gleichmäßig abnimmt, die ganze Bestimmung so unsicher macht, daß Sternbeobachtungen nur wenig Werth haben, wenn das gesehene Object nicht über  $15^{\circ}$  vom Horizonte entfernt ist.

Bei einer Wärme von  $10^{\circ}$  und  $760^{\text{mm}}$  Barometerstand beträgt die Refraction im Horizonte  $33' 47'',9$  d. h. ein Stern, der genau im Horizonte ist, erscheint um so viel höher. Bei  $10^{\circ}$  Höhe macht sie  $5' 20'',0$  aus, bei  $20^{\circ}$  Höhe  $2' 38'',9$ , bei  $30^{\circ}$  noch  $1' 40'',7$ . Nach den Forschungen Humboldt's hat die Refraction in den Tropenländern, natürlich mit Berücksichtigung der dortigen Wärme, denselben Werth.

## Die Thiere.

Auch die Zoologie, oder die Lehre von den Thieren, zerfällt den andern Naturwissenschaften conform und wie bereits am Eingange dieses Buches angedeutet wurde, in mehrere Sectionen, von denen als von Humboldt bereichert ich die systematische Zoologie, die vergleichende Anatomie, die Physiologie und die Geographie bezeichnen will.

Die systematische Zoologie hat Humboldt dadurch befördert, daß er eine große Anzahl von bisher wenig oder gar nicht gekannten Thieren aus Amerika mitbrachte, deren Beschreibung dann, wie bereits oben bemerkt, Cuvier, Latreille und Valenciennes übernahmen.

In der vergleichenden Anatomie untersuchte er die verschiedenartige Bildung des Kehlkopfes und des Zungenbeins bei Vögeln, Affen und Krokodilen, zeigte den Einfluß der Aenderung dieser Organe auf die Aenderung der Stimme bei den ersteren Thieren und entdeckte die eigenthümliche Organisation derselben bei den Krokodilen, welche diese Thiere befähigt, ihre Beute unter dem Wasser zu ergreifen, und den Kachen weit aufzusperrn ohne Gefahr zu laufen, von dem nachstürzenden Wasser erstickt zu werden, welche ihm aber nicht erlaubt, die Beute auch unter dem Wasser zu verschlingen, sondern es nöthigt, zu diesem Zwecke an's Land zu gehen.

Will ich mich in Beziehung auf die ersten zwei Sectionen nicht zu weit in's Detail verlieren, so muß ich mich auf die vorstehenden Angaben beschränken, und der nachfolgende Theil dieses Kapitels soll daher den zwei andern Sectionen, der Physiologie und der Geographie der Thiere, aufbewahrt werden.



nach oben nicht gleichmäßig abnimmt, die macht, daß Sternbeobachtungen nur wenig Object nicht über  $15^{\circ}$  vom Horizonte entfernen

Bei einer Wärme von  $10^{\circ}$  und  $760^{\circ}$  Refraction im Horizonte  $33' 47''{,}9$  d. h. ein ist, erscheint um so viel höher. Bei  $10^{\circ}$  Höhe  $2' 38''{,}9$ , bei  $30^{\circ}$  noch  $1' 40''{,}7$ . Soldt's hat die Refraction in den Tropen sichtigung der dortigen Wärme, denselben W

### Die Thiere.

Auch die Zoologie, oder die Lehre von den Naturwissenschaften conform und wie bereit angedeutet wurde, in mehrere Sectionen, wo bereichert ich die systematische Zoologie, die Physiologie und die Geographie bezeichnen will.

Die systematische Zoologie hat Humboldt eine große Anzahl von bisher wenig oder gar Amerika mitbrachte, deren Beschreibung de Cuvier, Latreille und Valenciennes

In der vergleichenden Anatomie und Bildung des Kehlkopfes und des Zungenbeindilen, zeigte den Einfluß der Aenderung der Stimme bei den ersteren Thieren und enifation derselben bei den Krokodilen, welche unter dem Wasser zu ergreifen, und den Raafahr zu laufen, von dem nachstürzenden Wasser aber nicht erlaubt, die Beute auch unter dem es nöthigt, zu diesem Zwecke an's Land zu g

Will ich mich in Beziehung auf die zu weit in's Detail verlieren, so muß ich mich beschränken, und der nachfolgende Theil die andern Sectionen, der Physiologie und der wahr werden.



In meinem Verlage erschienen ferner:

**Briefe** über Alex. von Humboldt's Kosmos, erster Theil. Ein Commentar zu diesem Werke für gebildete Laien, bearbeitet von Prof. B. Cotta. Mit 5 lith. Tafeln und vielen Holzschn. 3. verm. Ausg. 1855. gr. 8. geh. 2 Thlr. 15 Ngr.

— über Alex. von Humboldt's Kosmos, zweiter Theil. Ein Commentar zu diesem Werke, bearbeitet von J. Schaller. 2. Ausgabe mit 10 lith. Tafeln. 1855. gr. 8. geh. 3 Thlr.

— über Alex. von Humboldt's Kosmos, dritter Theil. Bearbeitet von Prof. B. Cotta. 2. Ausg. mit 1 Mondkarte, 2 Sternkarten, 6 lith. Tafeln und vielen Holzschn. 1855. gr. 8. geh. 3 Thlr. 15 Ngr.

— über Alex. von Humboldt's Kosmos, vierter Theil erste Abtheilung. Ein Commentar zu diesem Werke für gebildete Laien, bearbeitet von W. C. Wittwer. Mit 4 lith. Tafeln und vielen Holzschnitten. 1859. gr. 8. geh. 1 Thlr. 15 Ngr.

— über Alex. von Humboldt's Kosmos, vierter Theil zweite Abtheilung. Ein Commentar zu diesem Werke für gebildete Laien, bearbeitet von Prof. H. Girard. Mit vielen Holzschnitten. 1860. gr. 8. geh. 2 Thlr. 15 Ngr.

**Porträt** von Alexander von Humboldt, nach Biow's Lichtbildern gestochen von E. Mandel und N. Trossin. gr. Fol. 10 Ngr. auf chines. Papier 15 Ngr., auf chines. Papier vor der Schrift 1 Thlr.

Ist die nämliche Auffassung wie in „Wittwer's Humboldt“, nur in größerer und ausgezeichneterer Ausführung. Dürfte bei seinem gebiegener Kunkwerthe wohl das wohlfeilste Porträt Humboldt's sein.

**I. D. Weigel** in Leipzig.